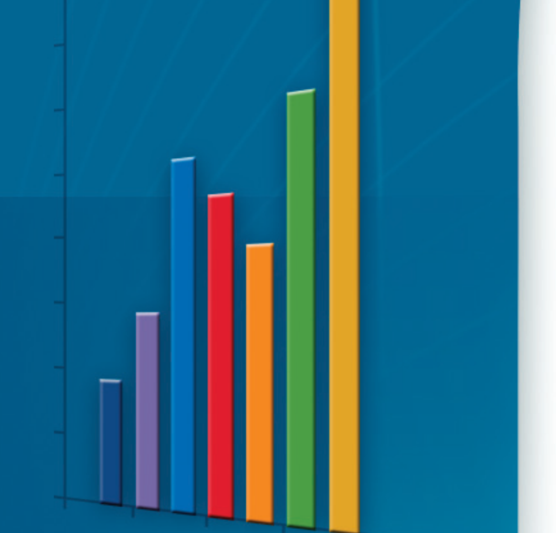


DÉVELOPPEMENT DURABLE

L'empreinte écologique : revue de littérature et analyse critique

Cahier technique et méthodologique





Pour tout renseignement concernant l'ISQ
et les données statistiques dont il dispose,
s'adresser à :

Institut de la statistique du Québec
200, chemin Sainte-Foy
Québec (Québec)
G1R 5T4
Téléphone : 418 691-2401

ou

Téléphone : 1 800 463-4090
(sans frais d'appel au Canada et aux États-Unis)

Site Web : www.stat.gouv.qc.ca

Dépôt légal
Bibliothèque et Archives Canada
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
3e trimestre 2009
ISBN : 978-2-550-56345-7 (PDF)

Septembre 2009

Avant-propos

Ce cahier de recherche présente une revue de littérature sur l'empreinte écologique, en mettant l'accent sur les critiques dont elle a fait l'objet. L'objectif poursuivi est d'évaluer la pertinence de l'empreinte écologique comme indicateur de développement durable. Ce travail a bénéficié de l'apport de divers spécialistes de l'Institut de la statistique du Québec.

Pour la poursuite du développement durable de la société québécoise, l'évaluation des mesures de suivi est cruciale. La présente revue se distingue en ce qu'elle évalue l'empreinte écologique en fonction des cadres théorique et statistique que la communauté internationale se donne en regard du suivi du développement durable. De plus, l'exhaustivité du propos sur l'empreinte écologique comme indicateur de développement durable fait de ce cahier de recherche un bon point de départ pour qui s'intéresse au suivi du développement durable.

Réflexion faite, l'empreinte écologique se révèle peu pertinente comme indicateur de développement durable. Bien qu'elle soit utile pour sensibiliser les individus aux conséquences de leur mode de consommation, sa démarche vis-à-vis du développement durable tranche avec l'approche théorique que la communauté internationale tend à privilégier. De plus, son cadre statistique est loin de constituer un standard qui fasse consensus dans la littérature ou la pratique.

Cette publication est la première de l'Institut à traiter de développement durable. Elle vient confirmer l'engagement de l'Institut à produire une information statistique pertinente et de qualité. Elle s'adresse à toutes les personnes qui se préoccupent du suivi de la société vers un développement durable au Québec et ailleurs.

Le directeur général,

Stéphane Mercier

Cette publication a été réalisée par	Stéphanie Uhde B. Sc. (biologie) M. Sc. (gestion en économie appliquée)
Sous la direction de	Yrène Gagné, chef du Service des statistiques sectorielles et du développement durable
Ont apporté leur précieuse collaboration	Sophie Desfossés, assistance technique Esther Frève et Geneviève Laplante, révision linguistique du français Robert Sullivan, traduction du résumé en anglais Julie Godbout, mise en page

Renseignements additionnels

Pour toute information concernant le contenu de cette publication, veuillez communiquer avec Stéphanie Uhde dont les coordonnées sont les suivantes :

Téléphone : 418 691-2411, poste 3002
Courriel : stephanie.uhde@stat.gouv.qc.ca

Abréviations

ACV	Analyse du cycle de vie
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GFN	Global Footprint Network
SCERC	Système des comptes de l'environnement et des ressources du Canada
SCN	Système de comptabilité nationale
SEEA	Système de comptabilité économique et environnementale intégrée
SIG	Système d'information géographique
SOeS	Service de l'observation et des statistiques du Commissariat général au développement durable (France)
WGSSD	Working Group on Statistics for Sustainable Development
WWF	Fonds mondial pour la nature

Sigles

an	Année
ha*g*	Hectare global
ha*m*	« Hectare mondial »
ha*n*	« Hectare national »
t	Tonne

Remerciements

L’auteure tient à remercier Yrène Gagné, chef du Service des statistiques sectorielles et du développement durable, pour son aide et ses généreux conseils tout au long de cette étude. Elle remercie également Robert Smith, directeur de la Division des comptes et de la statistique de l’environnement de Statistique Canada, et ses collègues Sophie Brehain, Guillaume Marchand, Richard Barbeau et Danielle Bilodeau, pour leur disponibilité et leurs précieux commentaires. Enfin, elle remercie tout particulièrement Camille Courchesne, directeur général adjoint aux statistiques et à l’analyse jusqu’en janvier 2009, pour le soutien qu’il a accordé au projet.

Table des matières

Liste des encadrés

Liste des figures et tableau

Résumé

L'empreinte écologique mesure la superficie biologiquement productive qui est nécessaire pour satisfaire à la consommation d'une population donnée. Cette superficie comprend les terres et les eaux qui produisent les ressources et absorbent les déchets qu'une population utilise et génère par sa consommation. La revue des publications auxquelles le concept d'empreinte écologique a donné lieu permet d'apprécier sa pertinence comme indicateur de développement durable. La mesure de l'empreinte écologique est comparée à la capacité biologique, qui représente le potentiel de production et d'absorption du capital naturel.

La différence entre la capacité biologique (l'offre écologique) et l'empreinte écologique (la demande humaine) équivaut au solde écologique. Un déficit écologique à l'échelle de la planète signifie que l'humanité dépasse la capacité limite de la biosphère, ce qui n'est pas durable. Par contre, la population d'un territoire donné peut maintenir un déficit écologique par l'importation de biens et services, par la détérioration de la biosphère ou par l'épuisement progressif de son propre stock de capital naturel. L'empreinte écologique peut aussi être comparée à la capacité biologique moyenne de la planète. Elle permet alors d'évaluer l'égalité d'utilisation des ressources et de génération des déchets entre les habitants de la Terre.

Bien qu'elle soit analysée ici sur la base de l'économie du bien-être, l'empreinte écologique est issue des sciences biologiques. Dans le modèle écologique sous-jacent, la consommation humaine, qui induit l'extraction de biomasse, et la capacité régénérative du capital naturel, qui crée la biomasse, engendrent un cycle écologique. Celui-ci circule depuis l'aire de forêt en régénération vers la superficie dont la production est utile à la consommation (terres agricoles, forêts, pâturages et eaux côtières et continentales). L'empreinte écologique résulte de la récolte agricole et forestière, de la construction, de l'élevage et de la pêche. Les effets sur la qualité de l'environnement du rejet de déchets toxiques, par exemple, sont exclus.

La mesure de l'empreinte écologique nécessite un cadre comptable, qui peut découler de trois méthodes. L'approche par composantes fait la somme de l'empreinte associée aux principaux éléments de la consommation d'une population. L'empreinte de chaque composante est calculée à l'aide d'analyses du cycle de vie (ACV). L'approche agrégée sert à constituer les comptes nationaux du Global Footprint Network (GFN). Elle utilise les données de production et d'importations-exportations colligées par les organisations internationales. Enfin, l'approche entrée-sorties se base sur le Système de comptabilité nationale (SCN). Elle permet de répartir les résultats par secteur d'activité.

La méthodologie la plus utilisée pour mesurer l'empreinte écologique est celle des comptes nationaux du GFN. Selon cette façon de procéder, la quantité de chaque ressource utilisée ou de CO_2 générée est divisée par le rendement mondial, par hectares, de l'aire productive de cette ressource ou par le taux d'absorption du CO_2. La multiplication par le facteur d'équivalence, qui exprime le ratio du rendement d'un type d'aire productive sur le rendement de toutes les aires productives, sert à convertir les hectares en hectares globaux, l'unité de mesure de l'empreinte écologique. Quant à la capacité biologique, on l'obtient en multipliant les superficies productives d'un pays par le facteur d'équivalence, puis par le facteur de rendement, qui exprime le rendement dans le pays par rapport au rendement moyen sur toute la planète.

Malgré les efforts du GFN, peu de gouvernements ont adopté l'empreinte écologique comme indicateur de développement durable. Le GFN promeut l'évaluation des comptes nationaux par des tiers indépendants. Quelques gouvernements (par exemple, l'Allemagne, la Finlande et la France) ont commandé de telles études. La Suisse, la région Midi-Pyrénées, en France, et l'Écosse, l'Irlande du Nord et le Pays de Galles, au Royaume-Uni, l'ont adoptée parmi des jeux plus ou moins extensifs d'indicateurs de développement durable. Toutefois, les défauts conceptuels et méthodologiques de l'empreinte écologique peuvent expliquer pourquoi les gouvernements ont choisi de ne pas l'adopter comme indicateur de développement durable.

Premièrement, l'ambiguïté du concept de développement durable qui sous-tend l'empreinte écologique rend son interprétation difficile. La mesure suppose des procédés d'extraction durables, mais ne tient pas compte de l'amélioration possible des technologies. De plus, le déficit écologique mondial revient pour ainsi dire à ne mesurer que l'excédent d'émissions de CO_2. Deuxièmement, la délimitation du territoire considéré peut ne pas correspondre aux limites des écosystèmes. En outre, le déficit écologique d'un territoire ne renseigne pas sur la durabilité de son développement, puisque l'entrée de ressources depuis l'extérieur peut être durable ou non. Le solde écologique est même vu par certains auteurs comme suggérant l'autarcie. Troisièmement, les poids qui sont implicites dans le calcul de l'empreinte écologique ne correspondent pas nécessairement aux poids dictés par la préférence sociale.

Quatrièmement, l'objectif politique que l'empreinte écologique suggère – réduire l'appropriation par les humains de la productivité biologique – n'est pas un guide utile pour les décideurs. De plus, puisque la mesure de l'empreinte dépend du rendement mondial moyen, les efforts en vue d'augmenter le rendement du capital naturel national ne s'y reflètent pas. Cinquièmement, certaines défaillances dans les données constituant les comptes nationaux du GFN, les changements apportés à la méthodologie et l'omission de certaines variables induisent des problèmes liés à la mesure. Sixièmement, les choix méthodologiques et la procédure de calcul qui permet de constituer les comptes ne sont pas toujours explicites.

Enfin, l'empreinte écologique est peu liée à l'approche par capitaux, recommandée par le Working Group on Statistics for Sustainable Development (WGSSD) pour encadrer le choix d'un jeu d'indicateurs. Ce lien existe seulement si l'empreinte écologique est mesurée à l'aide de l'approche entrées-sorties. Il se situe alors dans le SCN ou dans le Système de comptabilité économique et environnementale intégrée (SEEA). Après Bicknell et autres (1998), qui ont mesuré l'empreinte à l'aide des valeurs monétaires du SCN, des chercheurs ont publié les résultats d'analyses basées sur les valeurs physiques du SEEA. L'approche entrées-sorties pourrait servir à mesurer l'empreinte écologique de territoires subnationaux qui, comme les provinces canadiennes, ont des tableaux d'entrées-sorties.

Toutefois, l'approche entrées-sorties n'est pas utilisée pour mesurer l'empreinte écologique dans la pratique. On n'a pas élaboré de méthodologie standardisée basée sur cette approche. D'ailleurs, l'empreinte écologique ne permet pas d'exploiter pleinement le pouvoir du SEEA. Pour cette raison, et parce que l'application de l'approche par capitaux ne nécessite pas le SEEA, la zone de rapprochement entre l'empreinte écologique et l'approche par capitaux est mince. L'empreinte s'aligne donc difficilement sur le cadre théorique que la communauté internationale privilégie pour le suivi du développement durable. En dépit de son utilité pour communiquer les effets de la consommation, ses limites méthodologiques et conceptuelles, ainsi que sa difficile intégration à un cadre cohérent pour le suivi du développement durable, expliquent que l'empreinte écologique ne soit pas jugée pertinente, en ce moment, comme indicateur de développement durable.

Summary

The ecological footprint measures the biologically productive area necessary to meet the consumption requirements of a given population. The biologically productive area includes the land and water required to produce the resources and absorb the waste that a population uses and generates during consumption. A survey of the publications spawned by the ecological footprint concept helps to assess its relevance as an indicator of sustainable development. The ecological footprint is a measurement that is compared with biological capacity, which is the potential inherent in natural capital for production and absorption.

The difference between biological capacity (ecological supply) and the ecological footprint (human demand) is the ecological deficit/reserve. A planet-wide ecological deficit means that humanity has exceeded the carrying capacity of the biosphere, which is not sustainable. By contrast, the population of any given area may maintain an ecological deficit by importing goods and services, by causing the biosphere to deteriorate, or by progressively exhausting its own stock of natural capital. The ecological footprint may also be compared to the average biological capacity for the planet. This comparison makes it possible to evaluate how evenly distributed the use of resources and the generation of waste are among inhabitants of the Earth.

Although analyzed here from a welfare economics standpoint, the ecological footprint notion comes from the biological sciences. In the underlying ecological model, human consumption, which presumes the extraction of biomass, and the regenerative capacity of natural capital, which creates biomass, generate an ecological cycle. This cycle moves from regenerating forested lands toward areas that yield consumable goods and services (cropland, forest, grazing land, and fisheries). The ecological footprint results from farm and forest harvests, construction, raising food animals, and fishing. The impacts on environmental quality (caused by, for example, toxic waste discharges) are not included in the model.

Measuring the ecological footprint requires an accounting framework, which may stem from three approaches. The component-based approach totals the footprints associated with the main consumption components of a population. The footprint of each element is calculated using lifecycle assessments (LCA). The compound approach sets up national accounts as developed by the Global Footprint Network (GFN). It uses production and import-export data compiled by international organizations. Finally, the input-output approach is based on the System of National Accounts (SNA). It allows apportioning results by industry.

The most popular methodology for measuring the ecological footprint is the national accounts methodology developed by the GFN. In this methodology, the quantity of each resource used or the quantity of CO_2 generated is divided by the world yield per hectare of the productive area that produces this resource or by the rate of CO_2 absorption. Multiplying by the equivalence factor, which expresses the ratio of the yield of a certain type of productive area to the yield of all productive areas, converts hectares into global hectares, the unit of measure of the ecological footprint. Biological capacity is calculated by multiplying the area of productive land and water in a country by the equivalence factor, then by the yield factor, which expresses yield in that country relative to average yield on the whole planet.

Despite the efforts of the GFN, few governments have adopted the ecological footprint as an indicator of sustainable development. The GFN seeks to have independent third parties evaluate national accounts. Some governments (e.g., Germany, Finland, and France) have ordered such studies. Switzerland, the Midi-Pyrénées administrative region of France, and Scotland, Northern Ireland, and Wales in the United Kingdom have adopted it as part of fairly extensive sets of sustainable development indicators. Still, the conceptual and methodological drawbacks of the ecological footprint may explain why governments have chosen not to adopt it as an indicator of sustainable development.

In the first place, the ambiguity of the concept of sustainable development that forms the basis of the ecological footprint makes it difficult to interpret. The measure presumes sustainable extraction processes, but does not take into account that technologies may improve. Moreover, ecological deficit at the global level amounts virtually to only measuring the excess of CO_2 emissions. Second, the boundaries of the area being considered may not correspond to ecosystem boundaries. In addition, the ecological deficit of an area does not provide much information about the sustainability of its development, since resources coming in from the outside may or may not be sustainable. The ecological deficit/reserve is even seen by some authors as suggesting self-sufficiency. Third, the weighting implied in the calculation of the ecological footprint does not necessarily correspond to the weighting dictated by social preferences.

Fourth, the political objective implied by the ecological footprint — reducing human appropriations of biological productivity — is not a useful guide for decision-makers. Moreover, since measuring the footprint depends on global average yield, efforts made to increase the yield of natural capital at the national level are not reflected in the global average yield. Fifth, some flaws in the data making up the national accounts of the GFN, changes brought about in the methodology, as well as the omission of certain variables, introduce problems related to the measurement. Sixth, the methodological choices and computation procedures that make it possible to create the accounts are not always very explicit.

Finally, the ecological footprint is not closely linked to the capital approach, which the Working Group on Statistics for Sustainable Development recommends in order to manage the choice of an indicator set. This link exists only if the footprint is measured using the input-output approach. In that case, it will be located in the SNA or in the System of Integrated Environmental and Economic Accounts (SEEA). After Bicknell *et al*. (1998), who measured the footprint using monetary values from the SNA, researchers published results of analyses based on the physical values of the SEEA. The input-output approach could be used to measure the ecological footprint of sub-national areas, which, like Canadian provinces, have input-output tables.

The input-output approach is not, however, used in practice to measure the ecological footprint. A standardized methodology based on this approach has not been developed. Moreover, the ecological footprint does not permit taking full advantage of the power of the SEEA. For this reason, and because applying the capital approach does not require the SEEA, the overlap between the ecological footprint and the capital approach is narrow. The ecological footprint thus is difficult to align with the theoretical framework that the international community favours for monitoring sustainable development. Despite the fact that the ecological footprint is a good way to convey the impact of consumption, owing to its methodological and conceptual limits as well as its difficult integration into a consistent framework for monitoring sustainable development, the ecological footprint is not judged relevant, at this time, as an indicator of sustainable development.

Introduction

L'empreinte écologique évalue la pression que la consommation de la population humaine exerce sur la nature. Selon cette mesure, les sociétés occidentales vivent bien au-dessus des moyens de celle-ci. Dans le rapport du Vérificateur général du Québec pour l'année 2007-2008, le commissaire au développement durable présente les résultats du calcul de l'empreinte écologique du Québec. Celle-ci était de six « hectares globaux » par personne en 2003[1]. La capacité biologique de la planète étant de 1,8 hectare global par personne la même année[2], les modes de consommation du Québec exigeraient trois planètes s'ils étaient partagés par tous les habitants du monde. L'empreinte écologique peut être mesurée pour une personne, une entreprise, une ville, un territoire subnational, un pays ou la planète (Kitzes et autres, 2007a). Elle pourrait éventuellement contribuer au suivi de la société vers un développement durable. Cette revue de littérature vise à évaluer la pertinence de l'empreinte écologique comme indicateur de développement durable.

L'empreinte écologique représente la « mesure en hectares de la superficie biologiquement productive qui est nécessaire pour pourvoir aux besoins d'une population humaine de taille donnée[3] ». Le concept de l'empreinte écologique a été élaboré au début des années 1990 par William Rees et Mathis Wackernagel. Depuis la fin des années 1990, la validité de l'empreinte écologique comme indicateur de développement durable est débattue dans la littérature scientifique (encadré 1). Bien qu'elle soit critiquée, l'empreinte écologique est très médiatisée et de plus en plus utilisée, notamment par les organisations environnementales, pour mesurer et communiquer le caractère non durable des modes de consommation et de production. En 2003, Mathis Wackernagel et Susan Burns ont fondé le GFN[4], afin de promouvoir l'empreinte écologique et de favoriser la standardisation de cette méthodologie.

Encadré 1 – Empreinte écologique dans la littérature scientifique

L'intérêt vis-à-vis du concept de l'empreinte écologique a connu des hauts et des bas depuis le début. Costanza (2000) explique cette variation par la nouveauté du concept et par le délai que demande la perception de l'intérêt qui lui est porté. La revue *Ecological Economics* a, en grande partie, soutenu le débat scientifique sur l'empreinte écologique.

[1] La mesure de l'empreinte écologique du Québec est basée sur l'édition 2006 des comptes nationaux de l'empreinte écologique du Global Footprint Network pour le Canada (données de 2003). À notre connaissance, il s'agit de la dernière mesure disponible.

[2] Selon l'édition 2006 des comptes nationaux du Global Footprint Network (données de 2003). Selon l'édition 2008 des comptes nationaux du Global Footprint Network, dont les données remontent à 2005, la capacité biologique de la planète est de 2,1 hectares globaux par personne.

[3] *Glossaire du développement durable* de l'OCDE : www.oecd.org/glossary/0,3414,fr_2649_37425_1969293_1_1_1_1,00.html, consulté en juin 2009.

[4] Voir www.footprintnetwork.org/fr/.

Wackernagel et Rees ont présenté le concept de l'empreinte écologique dans un livre paru en 1996[5]. En 1999, *Ecological Economics* publiait, dans son volume 29, l'article de Wackernagel et autres, qui présente le cadre de comptabilité de l'empreinte écologique, et celui de Van den Bergh et Verbruggen (1999), qui en fait la critique. L'année suivante, *Ecological Economics* proposait un forum sur le sujet (Ayres, 2000; Costanza, 2000; Opschoor, 2000). En 2002, la prestigieuse revue *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* faisait paraître les résultats du calcul de l'empreinte écologique de l'humanité sur la planète (Wackernagel et autres, 2002).

Par ailleurs, selon Venetoulis et Talberth (2008), le concept de l'empreinte écologique est omniprésent dans les analyses de développement durable, aussi bien en sciences naturelles qu'en sciences sociales (par exemple, Dias de Oliveira et autres, 2005, en sciences naturelles; Jorgenson, 2003; York et autres, 2003, en sciences sociales). En plus des chercheurs, les autorités locales, les entreprises et les individus s'intéressent de plus en plus à l'empreinte écologique (voir, par exemple, Barrett et autres, 2005).

Le présent document prend pour point de départ la méthodologie du GFN, la plus communément utilisée et dont le commissaire au développement durable s'est servi pour le calcul de l'empreinte écologique du Québec. Le GFN élabore et met à jour les comptes nationaux de l'empreinte écologique, qui constituent un outil de comptabilité détaillé pour suivre la demande et l'offre de capital naturel relatives aux activités de consommation humaines dans un territoire national (Monfreda et autres, 2004). Les comptes du GFN sont établis à partir des bases de données des organisations internationales, elles-mêmes constituées à partir des systèmes nationaux de comptabilité économique.

La revue de littérature s'organise comme suit. La section 1 définit le concept de l'empreinte écologique et le circonscrit par rapport aux deux disciplines auxquelles il se rattache : l'économie du bien-être et l'écologie. La section 2 décrit brièvement les trois approches qui permettent de mesurer l'empreinte écologique et explique en détail la méthodologie du GFN. La section 3 présente de façon sommaire l'évaluation et l'adoption de l'empreinte écologique comme indicateur de développement durable par les gouvernements. La section 4 décrit les limites et les avantages de l'empreinte écologique. La section 5 explore la zone de rapprochement entre l'empreinte écologique et l'approche par capitaux, recommandée par le WGSSD[6]. Sur la base des arguments développés, le présent rapport conclut que la mesure de l'empreinte écologique s'insère difficilement dans un cadre statistique intégré pour le suivi du développement durable.

---

[5] Wackernagel et Rees (1996). *Our ecological footprint, reducing human impacts on the earth*, New Society Publishers. Voir aussi Wackernagel et Rees (1997). Ewing et autres (2009a) présentent la dernière version de la méthodologie.

[6] Groupe de travail conjoint de la Commission économique des Nations unies pour l'Europe (CEE), de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et d'Eurostat.

1. Définition de l'empreinte écologique et circonscription du concept

Selon Kitzes et autres (2007a), « [l]'empreinte écologique [...] mesure la superficie de terres ou d'eaux productives qu'un individu, une ville, un pays, une région ou l'humanité utilise pour produire les ressources qu'elle consomme et pour absorber les déchets qu'elle génère[7] ». L'empreinte se veut un indicateur synthétique[8] et global[9] de développement durable. Elle prend son sens au regard de deux critères normatifs : le respect de la capacité limite d'un territoire ou de la planète et l'égalité de partage des ressources consommées et des déchets générés entre les habitants de la Terre. La mesure de l'empreinte écologique est comparée, d'une part, à la superficie biologiquement productive disponible, soit la **capacité biologique** d'un territoire ou de la planète et, d'autre part, au critère du partage égalitaire de la planète, soit la **capacité biologique moyenne** de la planète.

La capacité biologique représente l'offre écologique, tandis que l'empreinte écologique représente la demande humaine. La capacité biologique est « la capacité des écosystèmes à produire des matériaux biologiques utiles et à absorber les déchets générés par les humains en utilisant les modes de gestion et les technologies d'extraction actuels » (Kitzes et autres, 2007a). La soustraction de l'empreinte écologique (demande) de la capacité biologique (offre) donne le solde (réserve ou déficit) écologique. Le solde écologique mesure la pérennité (ou la non-pérennité) de la consommation humaine par rapport à la capacité limite des écosystèmes. Une nation peut maintenir un déficit écologique soit par l'« introduction » de capacité biologique dans son territoire grâce à l'importation de biens et services, soit par une pression sur le bien commun (par exemple, par une hausse de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère) ou par l'épuisement progressif de son propre stock de capital naturel (Kitzes et autres, 2007a).

Afin de pouvoir calculer le solde écologique, l'empreinte écologique et la capacité biologique sont exprimées dans les mêmes termes, soit en hectares globaux. Un hectare global est un hectare productif **hypothétique**. La production potentielle de biomasse[10] d'un hectare global est égale à la production annuelle moyenne des 13,4 milliards d'hectares[11] de la planète dont la biomasse est considérée comme utile à la consommation humaine (Monfreda et autres, 2004; Kitzes et autres, 2007a). Les hectares globaux sont mutuellement exclusifs, ce qui signifie que chaque hectare global ne procure qu'un seul flux de ressources parmi les différents flux considérés pour le calcul

---

[7] Le débit de ressources consommées par une population durant une année donnée dépend de la technologie et du mode de gestion des ressources qui sont prépondérants durant cette année-là (Wackernagel et autres, 2005).

[8] Bovar et autres (2008) et Hanley et autres (1999) distinguent les « indicateurs synthétiques » *(aggregate indicators)*, dont l'empreinte écologique fait partie, des « indicateurs élémentaires » *(simple indicators).*

[9] Bovar et autres (2008) font la distinction entre « [l]es indicateurs composites obtenus par agrégation d'indices élémentaires et les indicateurs globaux obtenus par sommation à l'aide d'une unité de mesure unique (monnaie, tonnes, hectares, etc.) ».

[10] Le *Glossaire du développement durable* de l'OCDE définit la biomasse comme la « masse totale d'un groupe donné d'organismes présents dans une zone particulière ».

[11] Selon les données de 2005 (Kitzes et autres, 2008).

de l'empreinte écologique (pêche, élevage, etc.). L'usage de la nature qui est saisi dans la mesure de l'empreinte écologique pour un hectare donné est sa « fonction primaire[12] ».

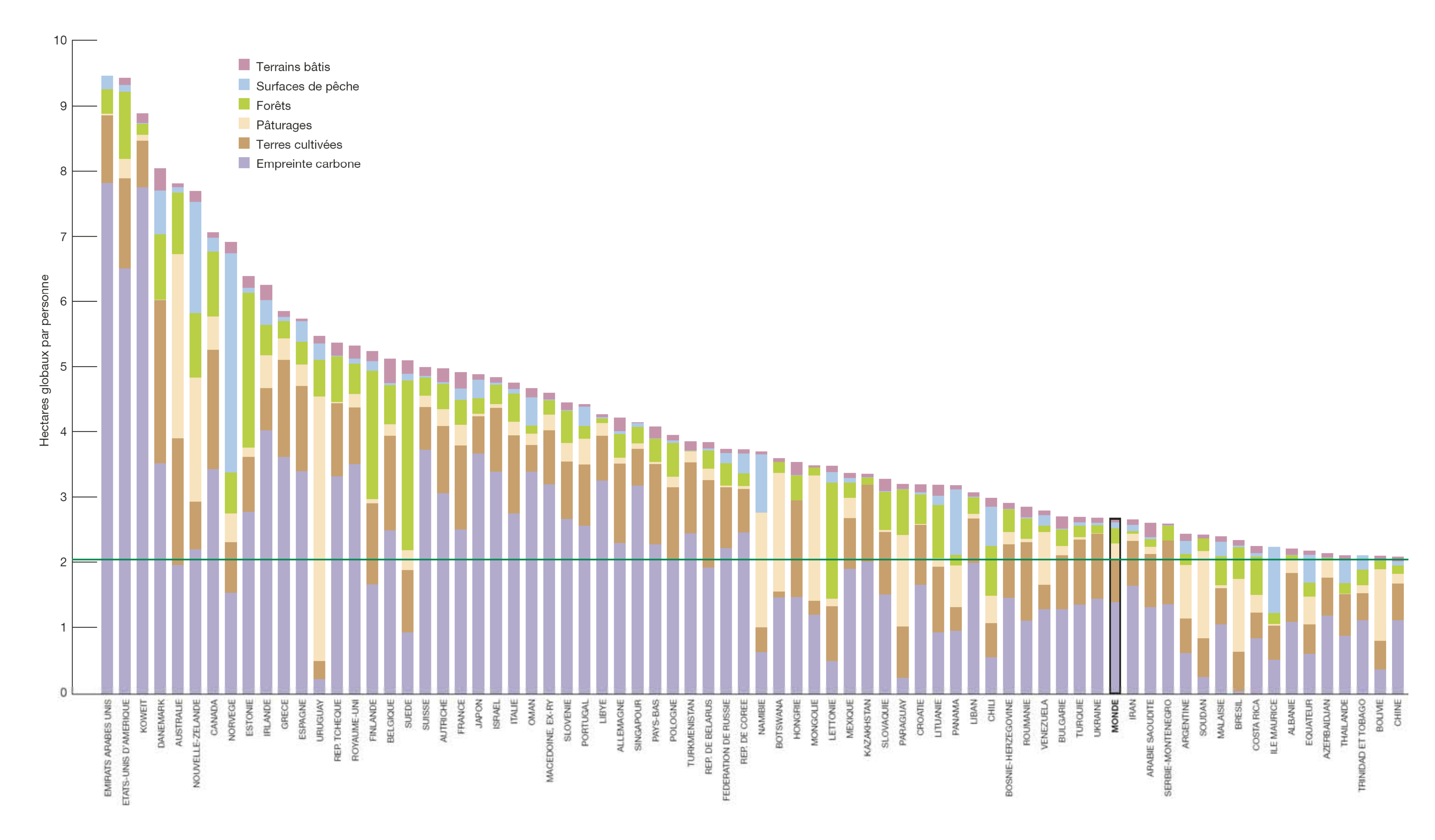
En ce qui concerne le critère normatif de l'égalité des ressources consommées et des déchets générés entre les habitants de la Terre, il exige de comparer l'empreinte écologique à la capacité moyenne de la biosphère de produire des ressources et d'absorber des déchets. L'empreinte écologique de tous les pays dont la population dépasse un million de personnes et pour lesquels des données sont disponibles, soit 150 pays, est publiée dans le *Rapport planète vivante 2008* du Fonds mondial pour la nature (WWF, 2008). Tirée de ce rapport, la figure 1 présente l'empreinte écologique par personne de 73 pays, selon les données de 2005. L'empreinte de chaque pays peut être comparée à la capacité biologique moyenne de la planète, qui était de 2,1 hectares globaux par personne en 2005 (représentée par la ligne horizontale dans la figure)[13]. Toutefois, la question de savoir si les critères du respect de la capacité limite et de l'égalité produisent une information utile pour le suivi du développement durable demeure controversée (Nijkamp et autres, 2004).

Le concept de l'empreinte écologique se rattache aux notions de l'économie du bien-être et, plus étroitement, aux notions écologiques. Dans la théorie, l'économie du bien-être peut intégrer les différentes interprétations du développement : économie traditionnelle, environnement, éducation et santé, arrangements institutionnels et gouvernance (WGSSD, 2008). La théorie économique du bien-être permet donc de mettre en évidence les limites de l'empreinte écologique comme indicateur de développement durable. Toutefois, le concept de l'empreinte écologique s'inscrit plutôt dans l'approche écologique du développement durable, selon laquelle « les systèmes économique et social sont des sous-systèmes de l'environnement global[14] ». À vrai dire, l'empreinte écologique ne cadre pas avec « l'approche économique traditionnelle, axée sur l'optimisation du bien-être et sur l'optimisation (et non la minimisation) des externalités environnementales[15] ».

---

[12] Van den Bergh et Verbruggen (1999) considèrent que la comptabilité de l'empreinte écologique suppose à tort qu'une unité de superficie ne puisse pas procurer plusieurs services simultanément.
[13] La figure 1 suggère qu'il y a une relation entre le revenu d'un pays et son empreinte écologique par personne. « Une telle corrélation peut sembler évidente, puisque le calcul de l'empreinte écologique revient essentiellement à traduire le niveau de vie d'une population ou – en des termes plus adéquats, son niveau de consommation des ressources et de l'énergie biotiques – en unités de terre. » (Nijkamp et autres, 2004). (Trad. libre.)
[14] United Nations et autres (2003). (Trad. libre.)
[15] Van den Berg et Verbruggen (1999, p. 64, note 4). (Trad. libre.) Le niveau optimal d'externalités est celui où l'avantage d'une réduction marginale des externalités est égal au coût de cette réduction marginale.

Figure 1 – Empreinte écologique par personne, pour 73 pays, en 2005



Source : WWF – Fonds mondial pour la nature (2008), figure 22 : empreinte écologique par personne, par pays, 2005.

1.1. Rapport à la notion du bien-être collectif et à la définition de développement durable

L'empreinte écologique ne décrit qu'une partie des flux qui assurent le bien-être des collectivités, soit ceux qui sont issus du stock de capital naturel. L'empreinte écologique n'est donc pas un indicateur complet de développement durable[16]. Selon le WGSSD (2008), « le développement durable correspond à une consommation croissante, au sens le plus large de la consommation[17], sur un horizon de temps très long[18] ». La base du capital qui permet la consommation dans son sens large doit également être vue au sens large. Le WGSSD considère que la base de capital comprend cinq catégories de stock : le capital financier, produit, naturel, humain et social. Parce qu'elle tient seulement compte du capital naturel, l'empreinte écologique ne permet pas d'apprécier l'état de durabilité d'une société de façon globale[19]. Il n'en demeure pas moins que le bien-être des personnes est associé, dans une certaine mesure et entre autres choses, à leur consommation, directe ou indirecte, des ressources de la biosphère.

Ce qui doit être rendu durable est explicite dans la définition du développement durable qui sous-tend l'empreinte écologique : « la superficie de terres et d'eaux biologiquement productive qui est requise pour produire les ressources consommées et pour absorber les déchets produits par l'humanité[20] ». En ce sens, « l'empreinte écologique [...] définit le développement durable comme un développement qui reste en deçà de la capacité de production des ressources renouvelables » (Hanley et autres, 1999). Autrement dit, un solde écologique positif représente une **exigence minimale** de développement durable, soit le respect de la capacité limite de la planète (Wackernagel et Yount, 2000). Par ailleurs, la signification de l'empreinte écologique peut s'appuyer sur l'idée d'une préférence collective pour la précaution ou la pérennité, ou encore sur l'idée d'une préférence pour l'égalité.

---

[16] Notons qu'« [il] existe un consensus, au sein de la communauté scientifique, pour considérer qu'aucun indicateur agrégé [ou synthétique] ne permet de suivre l'ensemble des dimensions caractérisant l'état de l'environnement ou son évolution. Ce consensus est encore plus fort [...] pour un champ étendu à celui du développement durable. » (Le Clézio, 2009).

[17] « Dans son sens large, la consommation inclut la jouissance de tous les biens et services qui contribuent au bien-être, incluant ce que la nature procure gratuitement, tels que les produits de la forêt et les beaux couchers de soleil. Il est même possible d'envisager, de façon abstraite, la jouissance des avantages liés aux droits humains ou à la santé psychologique comme une forme de consommation. » (WGSSD, 2008). (Trad. libre.)

[18] (Trad. libre.) Le Québec a adopté la définition du développement durable suivante : « Un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Le développement durable s'appuie sur une vision à long terme qui prend en compte le caractère indissociable des dimensions environnementale, sociale et économique des activités de développement. » www.mddep.gouv.qc.ca/developpement/definition.htm, consulté en juin 2009.

[19] Voir la section 6, qui explore la zone de rapprochement entre l'empreinte écologique et l'approche par capitaux.

[20] Parris et Kates (2003). (Trad. libre.)

Suivant la conception **forte** du développement durable[21], l'empreinte écologique ne renseigne pas sur la « substituabilité du capital naturel avec le capital économique » (IFEN, 2008). Parce qu'aux stades critiques, la surexploitation du capital naturel ne peut pas être compensée par l'exploitation des autres types de capital, les partisans de cette conception du développement durable soutiennent que le capital naturel devrait être mesuré séparément (Pillarisetti et Van den Bergh, 2007). L'empreinte écologique prend appui sur cette idée d'un capital naturel **critique**, auquel les autres formes de capital ne peuvent se substituer, et dont la dégradation et la diminution du stock menaceraient « de façon fondamentale les bases de la civilisation[22] ». Par exemple, peu importe la richesse matérielle de l'humanité, un climat raisonnablement stable et une diversité biologique minimale sont des conditions nécessaires au développement durable. La capacité de régénération de la biosphère, mesurée à l'aide d'unités de superficie productive, agit donc comme « proxy » de la qualité du capital naturel critique[23] (Monfreda et autres, 2004).

À l'échelle d'un territoire, la capacité limite ne correspond plus à une exigence minimale du développement durable (l'échelle d'un territoire – local, subnational ou national – s'entend par opposition à l'échelle de la planète). En conséquence, si la production des biens et services importés vers un territoire est durable, ce territoire peut avoir un développement durable sans que la capacité limite de ses écosystèmes soit respectée (Costanza, 2000). Autrement dit, à moins de considérer l'autarcie comme un état qui, en soi, améliorerait le bien-être d'une population, le lien entre la mesure de l'empreinte écologique et la mesure du bien-être s'affaiblirait à l'échelle d'un territoire. Pour la population d'un territoire donné, l'empreinte écologique représente simplement un indicateur de la dépendance envers les écosystèmes (Nijkamp et autres, 2004).

1.2. Rapport au modèle du cycle écologique

L'idée précurseur de l'empreinte écologique est celle de l'appropriation des produits de la photosynthèse par les humains, proposée par Vitousek et autres en 1986 (McDonald et Patterson, 2004). Ces auteurs ont fondé leur étude sur la notion biologique de productivité primaire nette[24]

---

[21] La conception forte du développement durable s'oppose à la conception faible. « La durabilité faible [...] est un objectif normatif de développement durable qui spécifie que la valeur totale par personne de tous les stocks de capital, ou la richesse nationale totale par personne, ne devrait pas décliner dans le temps en termes réels. La durabilité faible incorpore une hypothèse de parfaite substituabilité entre les différents stocks de capital. [...] Un important courant sous-jacent de cette vue est que le progrès technologique éliminera, avec le temps, toutes les contraintes que la rareté d'un stock de capital impose. [...] De l'autre côté, la durabilité forte suppose que les possibilités de substitution entre les stocks de capital sont limitées, malgré le progrès technologique, parce que certains services sont critiques. Par conséquent, elle requiert qu'il y ait des niveaux minimaux sous lesquels les stocks de capital ne devraient pas descendre. » (WGSSD, 2008). À l'égard de l'opposition entre les conceptions faible et forte, Pearce (2000) souligne que le domaine à l'intérieur duquel la substitution entre les formes de capital prend place doit être défini avec attention. « La majeure partie du débat sur la “substitution” omet de reconnaître que la substitution au sens économique fait référence à la substitution à la marge, c'est-à-dire un petit changement dans les dommages à la couche d'ozone, un niveau progressif de dommages aux océans, etc. » (Trad. libre.)

[22] Voir WGSSD (2008). (Trad. libre.)

[23] La qualité du capital naturel critique fait référence à « la santé et à l'intégrité des écosystèmes », qui détermine « la capacité du capital naturel à soutenir la vie » (Monfreda et autres, 2004). « L'idée d'utiliser des unités de superficie comme mesure du capital naturel nécessaire à la vie est basée sur le fait que plusieurs services de base des écosystèmes découlent des surfaces où le procédé de photosynthèse a lieu. » (Schaefer et autres, 2006) (Trad. libre.)

[24] « La productivité primaire nette est la quantité d'énergie restante après avoir soustrait la respiration des producteurs primaires (surtout des plantes) de la quantité totale d'énergie (surtout solaire) qui est fixée biologiquement [...]. [Elle] constitue l'ensemble des ressources de nourriture sur terre. » (Vitousek et autres, 1986). (Trad. libre.)

comme procédé de génération de la matière organique. Vitousek et autres ont calculé la proportion de la productivité primaire nette appropriée par les humains, en poids de matière organique, afin d'évaluer l'effet des humains sur la biosphère (notamment par les changements d'utilisation des terres et l'augmentation de la concentration du CO_2 dans l'atmosphère)[25]. Ils ont basé leur recherche sur le cycle global du carbone[26] et sur la mesure de la productivité selon une « classification de la superficie terrestre [...] par unités fonctionnelles[27] ».

Les objectifs de Vitousek et autres étaient d'apprécier les répercussions, pour les autres espèces et pour la capacité limite de la planète, de l'appropriation humaine de la production primaire nette (1986). Leur étude a permis d'estimer à 40 % l'appropriation annuelle par les humains de la production primaire nette des écosystèmes terrestres. Cette appropriation aurait pour effet d'accroître le taux d'extinction des espèces et des populations distinctives génétiquement, ce qui réduirait les options futures pour l'humanité. Toutefois, Vitousek et autres ne prétendaient pas calculer la capacité limite à long terme de la planète pour les humains, puisque cette capacité dépend de la croissance de la population et de la technologie.

Au lieu de la productivité primaire nette, l'empreinte écologique mesure la capacité régénérative, ou « la capacité de renouveler les ressources biotiques et d'assimiler les déchets », en fonction de la superficie à « productivité utile ». « Le caractère utile fait référence à la portion de la biomasse qui peut être récoltée de façon durable et qui a de la valeur pour les personnes[28] » (Monfreda et autres, 2004). Le modèle de cycle écologique qui sous-tend l'empreinte écologique se différencie du modèle de Vitousek et autres, parce que la productivité utile constitue un sous-ensemble de la productivité primaire nette. Le schéma de la figure 2 illustre le modèle écologique qui sous-tend l'empreinte.

Selon ce modèle, la consommation de biens et services par une population induit l'**extraction de biomasse**, à partir de **la superficie à productivité utile**, et génère **l'émission de CO_2**, qui est absorbé par **la superficie de forêt en régénération** (en boisement ou en reboisement), dont la biomasse ne peut pas encore être extraite (figure 2a). Les océans absorbent environ un quart des émissions anthropocentriques de CO_2, tandis que la forêt en régénération assimile le reste (Monfreda et autres, 2004). L'absorption de CO_2 par la forêt en régénération amène **la création de biomasse**, étant donné **la capacité régénérative** du capital naturel. La biomasse est stockée dans quatre classes de superficie à productivité utile, soit **les terres agricoles**, **les forêts**, **les pâturages** et **les eaux côtières et continentales**. Le modèle suppose que les surfaces à productivité utile émettent autant de CO_2 qu'elles en absorbent.

La capacité biologique est issue de la superficie à productivité utile (pointillé large, figure 2b). **L'empreinte écologique** (pointillé serré) résulte, d'une part, de **la récolte agricole** et de **la construction de bâtiments et d'infrastructures** sur les terres agricoles, de **l'élevage** sur les pâturages, de **la récolte forestière** sur la superficie en forêt et de **la pêche** sur la superficie des

---

[25] Voir aussi Imhoff et autres, 2004.

[26] Le cycle du carbone « décrit le flux de carbone (sous diverses formes, par exemple, le dioxyde de carbone) à travers l'atmosphère, l'océan, la biosphère terrestre et la lithosphère. » (GIEC, 2007, glossaire).

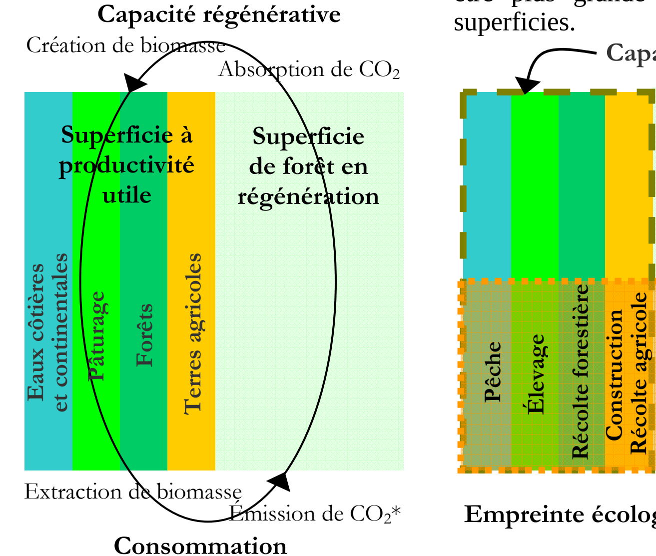
[27] (Trad. libre.)

[28] « [Les] matériaux biologiques utiles sont définis à chaque année comme ceux utilisés par l'économie humaine cette année-là. Ce qui est considéré « utile » peut changer dans le temps » (Kitzes et autres, 2007a). Selon Monfreda et autres (2004), « la quantité de bois rond disponible ou récolté, par exemple, peut être mesurée de façon beaucoup plus précise que la productivité primaire nette prélevée, dont la mesure devrait comprendre toute la biomasse, incluant les plantes du sous-bois, l'écorce, les feuilles et les racines. » (Trad. libre.)

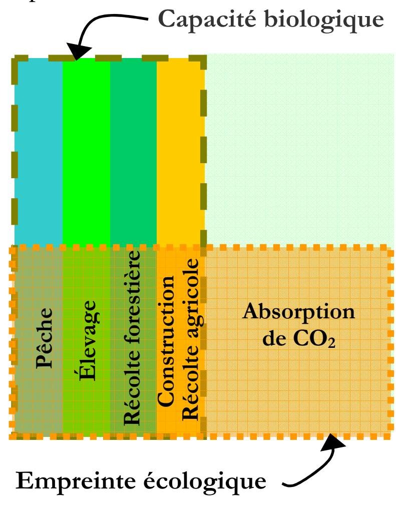
eaux côtières et continentales et, d'autre part, des **émissions de CO_2** absorbées par la superficie de forêt en régénération. Les aires dites « non productives et marginales », par exemple les zones arides, le large des océans et la cryosphère, ainsi que les aires qui ne procurent pas de biomasse utile aux humains, ne sont pas considérées dans le modèle (Kitzes et autres, 2007a). Le solde écologique est égal à la différence entre la capacité biologique et l'empreinte écologique (figure 2c). L'une des conséquences du modèle écologique de l'empreinte est que les nations qui n'ont pas de superficie de forêt en régénération sont susceptibles d'afficher un déficit écologique.

Figure 2 – Modèle écologique qui sous-tend l'empreinte écologique

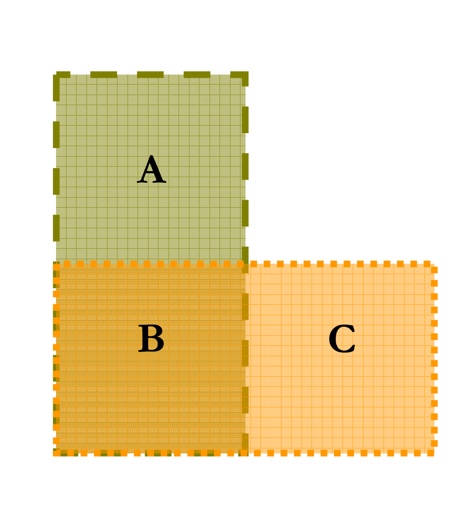
a) Le cycle écologique est conduit par deux forces : la consommation humaine et la capacité régénérative du capital naturel.



b) L'empreinte écologique marque la superficie à productivité utile (la capacité biologique) et la superficie de forêt en régénération. L'empreinte peut être plus grande que ces deux superficies.



c) Le solde écologique (A – C) équivaut à la différence entre la capacité biologique (A + B) et l'empreinte écologique (B + C). Le solde écologique peut être positif ou négatif.



*Le modèle considère que le volume des émissions de CO_2 absorbées par la forêt en régénération correspond à la quantité de CO_2 émis, nette du volume des émissions absorbées par les océans.

Note : Schéma conçu par l'Institut de la statistique du Québec.

Le modèle écologique qui sous-tend l'empreinte exclut les changements de l'état du stock de capital naturel qui n'en modifient pas la productivité utile aujourd'hui. Plus particulièrement, « l'empreinte écologique évalue les superficies de terres d'une manière quantitative et n'incorpore pas les enjeux qualitatifs » (Best et autres, 2008). Cela signifie que le calcul de l'empreinte écologique suppose que les procédés actuels d'utilisation des ressources sont durables (Van den Bergh et Verbruggen, 1999, pour une critique de cette hypothèse). De plus, l'empreinte écologique exclut les produits persistants et les déchets toxiques, parce que l'environnement ne les assimile pas à un taux perceptible. Puisque la génération de ces produits et déchets mène nécessairement à une augmentation de leur concentration dans l'environnement, elle ne peut pas être considérée comme durable et son effet doit être mesuré séparément (Wackernagel et Yount, 2000). Ainsi, l'empreinte écologique ne procure qu'une mesure approximative de l'influence des humains sur l'environnement.

2. Mesure de l'empreinte écologique

La mesure de l'empreinte écologique passe par un cadre comptable qui peut prendre différentes formes. De façon générale, les comptes de l'empreinte écologique décrivent les flux associés au stock de capital naturel. « [Ils] documentent combien de capacité régénérative annuelle de la biosphère [...] est nécessaire pour renouveler le débit de ressources d'une population donnée dans une année donnée[29] » (Wackernagel et autres, 2005). La construction des comptes permet d'aboutir à une « matrice de consommation et d'utilisation des sols[30] », où chaque colonne représente une aire productive et chaque ligne, une catégorie de consommation. Les éléments de la matrice représentent la superficie d'une aire productive donnée, nécessaire pour satisfaire à la consommation d'une catégorie de biens ou services.

La méthodologie liée aux comptes de l'empreinte écologique a été standardisée par le GFN, bien que de multiples adaptations aient été proposées dans la littérature[31]. À partir de l'approche initiale de Wackernagel et Rees (1996), des méthodologies alternatives et complémentaires ont été élaborées (Nijkamp et autres, 2004). Les différentes approches qui servent à constituer les comptes de l'empreinte écologique sont d'abord résumées. Par la suite, la méthodologie des comptes nationaux du GFN est exposée en détail. La section 5 du présent cahier de recherche revient sur l'une des approches servant à la mesure de l'empreinte écologique, soit l'approche entrées-sorties, pour présenter le rapprochement possible entre la mesure de l'empreinte écologique et l'approche par capitaux en matière de développement durable.

2.1. Résumé des principales approches méthodologiques

Les comptes de l'empreinte écologique peuvent être constitués à l'aide de trois principales approches. En 1996, Best Foot Forward a commencé à élaborer un outil pour calculer l'empreinte écologique des ménages, qui est devenu l'**approche par composantes**[32]. À peu près en même temps, Mathis Wackernagel concevait l'**approche agrégée**[33], qui sert à constituer les comptes nationaux du GFN (Simmons et autres, 2000). Enfin, l'**approche entrées-sorties**[34], basée sur les tableaux d'entrées-sorties du SCN, a été proposée par Bicknell et autres dans un article publié en 1998. L'approche entrées-sorties est utile pour mesurer l'empreinte écologique des territoires subnationaux qui disposent de tableaux d'entrées-sorties, tel le Québec.

L'**approche par composantes**, qui est « ascendante » *(bottom-up)*, fait la somme de l'empreinte écologique associée aux principales composantes de la consommation d'une population. L'empreinte écologique de chaque bien et service consommé est calculée à l'aide des résultats d'analyses du cycle de vie (ACV). L'ACV sert à évaluer les ressources utilisées au cours du cycle

---

[29] Théoriquement, il s'agit de « *toutes* les ressources que la population d'un pays consomme » et de « *tous* les déchets qu'elle génère. » (Monfreda et autres, 2004). (Trad. libre.)
[30] *Consumption-land use matrix.*
[31] Voir, entre autres, Venetoulis et Talberth (2008) et la page Web de Redefining Progress www.rprogress.org/energyfootprint/eco_footprint.
[32] Approche *component.* Traduction suggérée par IFEN, 2008.
[33] Approche *compound*. Traduction suggérée par IFEN, 2008.
[34] Approche *input-output*.

de vie de chaque bien et service, depuis l'extraction des ressources jusqu'à la mise au rebut. Ainsi, l'approche par composantes répertorie le flux de matières premières et d'énergie par bien et service et les additionne par catégorie de consommation. Le degré d'exhaustivité de la liste de composantes et la fiabilité des ACV déterminent la qualité de la mesure de l'empreinte écologique (Wackernagel et autres, 2005).

L'approche par composantes est utile pour estimer l'empreinte des populations à l'échelle subnationale. Toutefois, les applications qui en ont été faites, notamment au Royaume-Uni, montrent des résultats peu comparables, parce que les méthodologies et la disponibilité des données ne sont pas constantes d'une étude à l'autre (RPA, 2007). Par contre, l'approche par composantes peut compléter l'approche agrégée aux échelles subnationale et locale, particulièrement lorsque les données sur les échanges commerciaux infranationaux ne sont pas disponibles (Nijkamp et autres, 2004). Suivant cette approche combinée, des facteurs de conversion, estimés à partir des comptes nationaux du GFN, servent à calibrer les données par composantes qui sont recueillies à l'échelle subnationale ou locale (Wackernagel et autres, 2005).

L'**approche agrégée**, qui est « descendante » *(top-down)*, est celle des comptes nationaux du GFN (Monfreda et autres, 2004). Cette méthode fait le calcul de la consommation apparente d'une population à partir des données nationales de production et d'importations-exportations compilées par les organisations internationales, telle la FAO (Monfreda et autres, 2004; Kitzes et autres, 2007a). Ainsi, l'empreinte écologique liée à la consommation de la population d'un pays (EE_C) est calculée en additionnant l'empreinte des importations (EE_I) à l'empreinte de la production (EE_P), et en soustrayant l'empreinte des exportations (EE_E), selon la formule suivante :

$$EE_C = EE_P + EE_I - EE_E$$

Comme la section suivante l'explique, le rendement moyen par type d'aire productive permet de convertir les données de production et d'importations-exportations en superficie.

Selon Wackernagel et autres, les données agrégées sont plus complètes que les données par composantes, puisqu'elles captent les exigences en ressources de la consommation, sans qu'il soit nécessaire de connaître chaque utilisation finale (2005). « Par exemple, afin de calculer l'empreinte écologique des produits du papier pour un pays, l'information à propos de la quantité de produits consommés au total est habituellement disponible et elle suffit au calcul. À la différence de la méthode par composantes, il n'est pas nécessaire de connaître quelles portions de la consommation totale de papier ont été employées à quels usages, comme dans les bureaux, pour l'imprimerie commerciale, etc. » Toutefois, l'approche agrégée a été critiquée pour « l'agencement éclectique de [ses] sources de données », qui donne des résultats pouvant ne « pas être reproduits facilement ou comparés de façon significative[35] » (Bicknell et autres, 1998).

Dans le but d'améliorer la cohérence et la précision de l'empreinte écologique, Bicknell et autres (1998) ont proposé une méthode de calcul basée sur les tableaux d'entrées-sorties (section 5). L'**approche entrées-sorties**, qui est descendante, utilise des données colligées régulièrement au sein du SCN, dans la plupart des pays développés. Elle permet la répartition détaillée, par secteurs d'activité, de l'empreinte des biens et services consommés dans un pays[36]. De plus,

[35] (Trad. libre.)
[36] Voir Bicknell et autres (1998) et Wiedmann et autres (2006).

l'approche entrées-sorties permet de distinguer les intrants directs des intrants indirects pour clarifier ce qui appartient réellement à la demande finale (Ferng, 2001; Nijkamp et autres, 2004).

Comme l'approche par composantes, l'approche entrées-sorties peut être combinée à l'approche agrégée (Wiedmann et autres, 2006), notamment dans les applications subnationales. Par contre, les résultats de l'approche entrées-sorties sont difficiles à associer à ceux de l'approche par composantes. La difficulté de faire correspondre les résultats de l'ACV aux catégories de consommation de l'approche entrées-sorties, qui sont « larges et hétérogènes », expliquerait ces disparités (RPA, 2007). Pour cette raison, on a suggéré d'employer l'approche entrées-sorties pour mesurer l'empreinte écologique d'une population et l'approche par composantes pour mesurer l'empreinte d'un secteur en particulier. La section 2.2 décrit la méthodologie des comptes nationaux du GFN, constitués à l'aide de l'approche agrégée.

2.2. Comptes nationaux du Global Footprint Network

Le GFN maintient des comptes de l'empreinte écologique pour 201 pays. « La méthodologie qui sous-tend la comptabilité de l'empreinte écologique continue à subir des développements significatifs et incorpore régulièrement de nouvelles données et de nouvelles connaissances scientifiques lorsqu'elles deviennent disponibles[37]. » Par la mise à jour de comptes nationaux et le développement de standards méthodologiques, le GFN s'est positionné comme gestionnaire du processus d'amélioration de la mesure de l'empreinte écologique (encadré 2). Sur le plan subnational, les comptes nationaux du GFN doivent être ajustés pour tenir compte des échanges commerciaux à l'intérieur de la nation.

Encadré 2 – Global Footprint Network

Le GFN, organisation non gouvernementale basée en Californie, entretient les comptes nationaux de l'empreinte écologique avec le soutien de 90 organisations partenaires (organisations non gouvernementales, instituts de recherche, ministères de l'Environnement). En vue d'assurer l'amélioration continue de la base scientifique des comptes nationaux et d'élaborer des standards, le GFN a mis sur pied deux comités de travail dont la charte a été révisée en 2006. Le Comité de la revue des comptes nationaux[38] soutient le processus de révision scientifique de la méthodologie, lequel a abouti récemment à l'édition 2008 des comptes nationaux de l'empreinte écologique du GFN, qui couvrent la période 1961-2005. La méthodologie sous-jacente se base sur la méthode décrite dans Ewing et autres (2008a).

Le Comité des normes[39] élabore des standards pour la mesure et la communication de l'empreinte écologique. Ce travail a mené, en 2006, à la publication d'un cahier de standards. En avril 2009, le GFN diffusait, pour révision, une nouvelle version des standards, qui doit être publiée au cours de l'année[40]. L'*Atlas de l'empreinte écologique 2008* présente les résultats de l'édition 2008 des comptes et décrit les concepts de base et l'évolution de la méthodologie (Ewing et autres, 2008b).

La plupart des pays produisent des statistiques annuelles qui décrivent leur utilisation de ressources (Monfreda et autres, 2004). « L'édition 2008 des comptes nationaux de l'empreinte

[37] Kitzes et autres (2007a). (Trad. libre.)
[38] *National Accounts Committee*.
[39] *Standards Committee*.
[40] www.footprintstandards.org, consulté en juin 2009.

décrit l'empreinte écologique de plus de 700 catégories de produits commercialisés de l'agriculture, de la forêt, du cheptel vif et de la pêche. L'énergie grise[41] de plus de 600 catégories de produits est combinée aux flux commerciaux de la base de données COMTRADE des Nations unies (UN Commodity Trade Statistics Database 2007) pour générer des estimés de l'empreinte carbone des biens commercialisés[42]. » En plus des données du COMTRADE, celles de la FAO (la base de données ResourceSTAT[43]), de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) et du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) forment la base des calculs contenus dans les comptes. Des études scientifiques et des collections thématiques servent aussi de sources pour certaines données, comme la *Statistical Review of World Energy* du British Petroleum[44] pour des données de consommation énergétique.

Les comptes nationaux du GFN reposent sur six hypothèses (encadré 3).

Encadré 3 – Hypothèses de travail des comptes nationaux de l'empreinte écologique

1. Il est possible de suivre les quantités annuelles de ressources consommées et de déchets générés par pays.
2. La majorité des flux de ressources peut être associée à la superficie bioproductive nécessaire pour la régénération des ressources et l'absorption des déchets.
3. En pondérant chaque superficie en fonction de sa production annuelle potentielle de biomasse utile, les différentes superficies peuvent être mesurées en hectares globaux.
4. La demande globale peut être agrégée en additionnant tous les hectares mutuellement exclusifs qui fournissent des ressources ou assimilent des déchets.
5. Les superficies agrégées et leurs composantes sont commensurables, c'est-à-dire que l'empreinte écologique (la demande humaine agrégée) peut être directement comparée à la capacité biologique (l'offre de la biosphère).
6. L'empreinte écologique peut dépasser la capacité biologique. La quantité de surutilisation se nomme « déficit écologique ».

Note : Les six hypothèses sont tirées de Wackernagel et autres (2002). (Trad. libre.)

Le calcul de l'empreinte écologique est fait suivant les équations décrites à la figure 3 (page 16). Afin d'estimer la superficie nécessaire annuellement pour produire les ressources utilisées ou pour absorber le CO_2 généré, la quantité d'une ressource utilisée ou de CO_2 généré (par exemple en tonnes/année) est divisée par le rendement mondial moyen des terres ou des eaux qui produisent cette ressource (en t/(ha*m*·an)[45]) ou par le taux d'absorption mondial moyen du CO_2

---

[41] *Embodied energy* (IFEN, 2008, pour la traduction). L'énergie grise « est l'énergie consommée tout au long du cycle de vie d'un produit pour le fabriquer, le transporter, l'utiliser et gérer sa fin de vie ». (Glossaire du GFN, nommée « énergie incluse » dans le glossaire français, www.footprintnetwork.org/fr/index.php/GFN/page/glossary/, consulté en juin 2009).
[42] Ewing et autres (2008b). (Trad. libre.)
[43] Voir http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=377&lang=fr#ancor, consulté en juin 2009. La FAO a apporté des révisions majeures à la structure de sa base de données. Cette révision se reflète par des changements importants dans l'édition 2008 des comptes nationaux du GFN par rapport à l'édition 2006.
[44] www.bp.com/productlanding.do?categoryId=6929&contentId=7044622, consulté en juin 2009.
[45] t/(ha*m*·an) ou tonnes/hectare mondial·année. L'« hectare mondial » couvre la même superficie que l'« hectare national » (ha*n*), mais il exprime une moyenne mondiale.

par les forêts. Par exemple, la production de 26,8 millions t/an de blé au Canada[46] est divisée par le rendement des terres qui produisent du blé, soit 2,8 t/(ha*m*·an), ce qui donne 9,4 millions d’hectares nécessaires à la production du blé au Canada.

Pour permettre la commensurabilité de l’empreinte sur les différents types d’aires biologiquement productives (terres agricoles, forêts, pâturages, eaux côtières et continentales et superficie de forêt en régénération), l’empreinte exprimée en hectares est « normalisée » par rapport à la variation de rendement entre les aires biologiquement productives. Elle est multipliée par le **facteur d’équivalence** *(equivalence factor;* en hectares globaux/hectare mondial ou ha*g*/ha*m),* qui représente le rendement mondial moyen d’une aire productive par rapport au rendement mondial moyen de toutes les aires productives[47]. Ainsi, la superficie de 9,4 millions d’hectares nécessaire à la production du blé au Canada est multipliée par le facteur d’équivalence pour les terres agricoles au Canada, de 2,6 ha*g*/ha*m*, ce qui donne une empreinte écologique liée à la production de blé au Canada de 24,9 hectares globaux (voir l’annexe pour l’exemple complet)[48].

Quant à la capacité biologique, les superficies productives qui existent dans le territoire sont multipliées par le facteur d’équivalence et par le facteur de rendement (Ewing et autres, 2008a). Le **facteur de rendement** (*yield factor;* en hectares mondiaux/hectare national) décrit le rendement mondial moyen d’une aire productive par rapport au rendement de cette aire productive dans un pays[49]. La multiplication de la capacité biologique par le facteur de rendement sert à en normaliser la mesure par rapport à la variation de rendement entre les pays. La construction du facteur d’équivalence et du facteur de rendement étant fondée sur des moyennes mondiales, le nombre d’hectares globaux qui correspond à la capacité biologique de la planète équivaut au nombre réel d’hectares productifs (13,4 milliards).

---

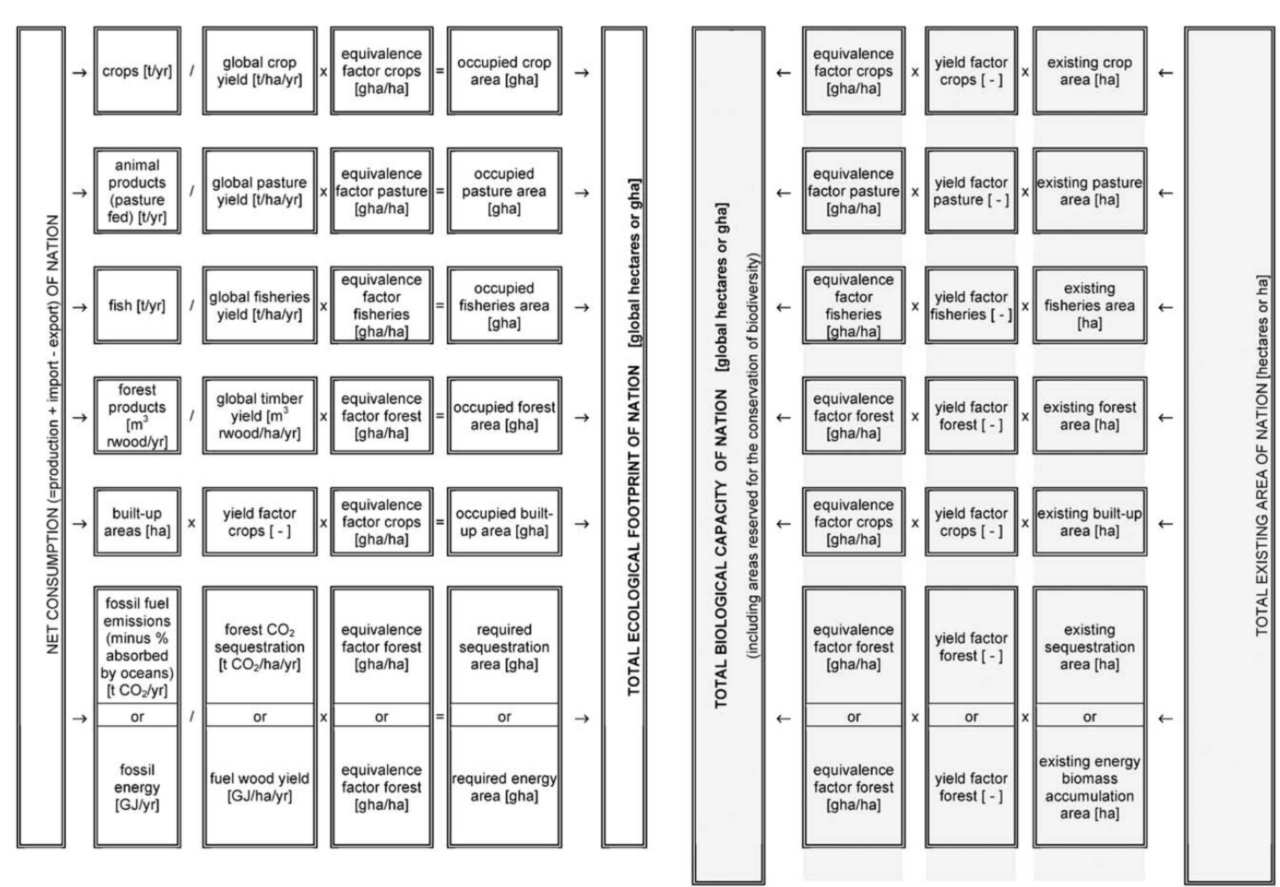
[46] Édition 2008 des comptes nationaux du GFN pour le Canada (données de 2005).

[47] « Les facteurs d’équivalence décrivent la production agricole atteignable sur une superficie, étant donné un niveau explicite d’intrants, nonobstant les pratiques courantes de gestion ou [la productivité] de la biomasse [...]. Le rendement potentiel décrit la capacité inhérente de soutien de la production agricole, et donc des populations humaines. » (Monfreda et autres, 2004, trad. libre.) Les facteurs d’équivalence sont calculés à partir d’un modèle spatial de la production agricole potentielle, *Global Agro-Ecological Zones (GAEZ) 2000*, élaboré par la FAO et l’International Institute for Applied Systems Analysis, en conjonction avec les données de la *FAO ResourceSTAT Statistical Database 2007* (Ewing et autres, 2008a).

[48] L’empreinte de produits dérivés doit être calculée dans certains cas. La quantité d’un produit dérivé est convertie en la quantité équivalente de ressources primaires à l’aide d’un « taux d’extraction » représentant le ratio de la masse du produit manufacturé sur celle de l’intrant primaire (Ewing et autres, 2008a).

[49] Les facteurs de rendement « reflètent la technologie et le mode de gestion prédominants ». (Monfreda et autres, 2004). (Trad. libre.)

Figure 3 – Schéma des calculs de conversion de la consommation et des aires productives d'un pays en hectares globaux



Note : Le traitement des produits manufacturés est exclu. Il faut lire « t/ha/yr » comme « tonnes/hectare·année ». La nomenclature utilisée ne fait pas la distinction entre les « hectares mondiaux » (ha*m*) et les « hectares nationaux » (ha*n*).

Source : Monfreda et autres (2004), figure 1.

La consommation d'énergie est un élément dominant dans le calcul de l'empreinte écologique. L'empreinte de l'utilisation d'énergie correspond aux superficies nécessaires pour absorber la quantité d'émissions de CO_2 qui découle de la combustion des combustibles fossiles, ainsi qu'aux superficies inondées par la construction des barrages hydroélectriques (Wackernagel et autres, 1999; Ferng, 2002)[50]. La superficie de forêt en boisement nécessaire pour assimiler la part des

[50] Dans l'édition 2006 des comptes nationaux du GFN, l'empreinte écologique de l'énergie nucléaire est définie comme l'empreinte de la même quantité d'électricité produite à partir de combustibles fossiles. Cependant, l'empreinte écologique de l'énergie nucléaire « ne reflète pas la mesure d'une demande réelle sur la biosphère » (Kitzes et autres, 2007b). Ainsi, en 2007, le Comité de la revue des comptes nationaux s'est exprimé en faveur de l'exclusion de l'énergie nucléaire des comptes, « [l]'argument principal étant que les impacts les plus critiques du nucléaire sortent du cadre de l'empreinte écologique et nécessitent un autre indicateur ». « Les impacts tels que le risque d'accidents nucléaires futurs ou l'empreinte liée à la gestion future des déchets nucléaires se refléteraient dans les comptes de l'empreinte seulement lorsqu'ils auraient lieu, suivant la logique du cadre de comptabilité existant. » (Kitzes et autres, 2007b). (Trad. libre.) Dans leur édition 2008, les comptes du GFN n'incluent plus l'incidence de l'énergie nucléaire. L'empreinte carbone des activités liées à la production d'énergie nucléaire ainsi que l'empreinte associée à l'occupation spatiale des centrales nucléaires et à l'utilisation des ressources pour l'entreposage des déchets nucléaires sont toutefois incluses (Ewing et autres, 2008b).

émissions de CO_2 qui n’est pas absorbée par les océans équivaut à l’empreinte écologique des émissions de CO_2 (voir figure 2, section 1.2)[51].

Les résultats des calculs de l’empreinte peuvent être présentés dans une matrice de consommation et d’utilisation des sols, qui attribue cinq catégories de consommation (les aliments, l’habitation, le transport, les biens et les services de consommation) aux six catégories d’utilisation des sols (la récolte agricole, la construction de bâtiments et d’infrastructures, la récolte forestière, l’élevage, la pêche et l’absorption de CO_2). Les éléments de la matrice expriment le nombre d’hectares de chaque aire productive nécessaire à la consommation, par une population, de chaque catégorie de consommation. La matrice de consommation et d’utilisation des sols peut d’ailleurs être employée pour mesurer l’empreinte écologique d’une population subnationale.

Le calcul de l’empreinte sur le plan subnational amène des considérations particulières. Selon les standards établis par le GFN pour le calcul de l’empreinte écologique sur le plan subnational[52], l’étude doit ajuster la matrice de consommation et d’utilisation des sols en fonction de la population subnationale considérée (GFN, 2006). Les données des tableaux d’entrées-sorties ou les données d’analyses par procédés[53] permettent de répartir l’empreinte nationale totale parmi les populations subnationales. Ainsi, la méthode employée doit faire en sorte que la somme des mesures d’empreinte écologique pour les populations subnationales soit égale à l’empreinte nationale. Les standards pour la mesure et la communication de l’empreinte écologique, en cours de révision (voir l’encadré 2 à la page 13), précisent les normes de conformité pour la mesure de l’empreinte écologique des populations subnationales.

Enfin, l’empreinte écologique exclut l’effet de certaines activités de consommation sur l’environnement. En effet, les comptes du GFN ne représentent pas le rejet de polluants que la biosphère ne peut pas assimiler en quantités significatives, par exemple le plutonium, les polychlorobiphényles (PCB), les dioxines et les autres polluants persistants, ainsi que les procédés qui endommagent la capacité biologique future de la biosphère, par exemple l’intensité de l’exploitation, la perte de biodiversité, l’utilisation d’eau douce, la salinisation due à l’irrigation des terres agricoles, l’érosion du sol due au labour (Kitzes et autres, 2007a). Ainsi, la mesure de l’empreinte écologique tend à s’améliorer lorsque les modes d’élevage et de culture sont intensifs, « puisqu’il s’agit de productions efficaces en termes de surface » (IFEN, 2008). Toutefois, parce qu’ils réduisent la qualité du capital naturel, les procédés dommageables et les polluants se reflètent éventuellement dans le rendement moyen des terres et des eaux.

[51] « L’approche par substitution de la biomasse » représente une approche alternative. Celle-ci mesure la superficie de forêt qui permettrait de remplacer l’énergie issue des combustibles fossiles avec du bois de chauffage (Monfreda et autres, 2004). (Trad. libre.)

[52] Une population subnationale peut correspondre à la population d’une province, d’une région ou d’une municipalité ou encore à un ménage ou même à un individu.

[53] « La famille des approches par procédés [*process-based approaches*] utilise des recettes de production et des statistiques supplémentaires pour allouer l’empreinte nationale par personne aux catégories de consommation (par exemple les aliments, l’habitation, le transport, les biens et les services de consommation). Les empreintes régionales ou municipales par personne sont calculées en réduisant ou en augmentant les résultats nationaux proportionnellement aux différences entre les patterns national et local de consommation. » (Ewing et autres, 2008b).

3. Empreinte écologique dans la pratique

La mesure de l'empreinte écologique a été appliquée de l'échelle mondiale à l'échelle urbaine ou locale, principalement dans les pays industrialisés, et à l'aide d'une procédure méthodologique très variable (Nijkamp et autres, 2004). Elle a fait l'objet de rapports gouvernementaux (souvent préparés par des consultants, soit des organisations non gouvernementales ou autres, par exemple Best Foot Forward ou l'Université de Sydney[54]), de rapports d'organisations environnementales (par exemple le GFN et Redefining Progress) ou d'articles savants (voir Nijkamp et autres, 2004). Dans une perspective d'aide à la décision, la présente revue de littérature fait état des rapports commandés par des gouvernements nationaux et subnationaux.

Malgré sa popularité croissante et les efforts du GFN pour la faire accepter comme indicateur, l'empreinte écologique n'est pas encore utilisée de façon courante dans les systèmes d'indicateurs de développement durable des gouvernements. En fait, l'empreinte a davantage pour finalité la sensibilisation que l'aide à la décision (Parris et Kates, 2003)[55]. La campagne Ten-in-Ten du GFN, lancée en 2006, vise à institutionnaliser l'emploi de l'empreinte écologique dans au moins 10 pays d'ici 2015. Dans cette foulée, le GFN milite en faveur de l'évaluation de ses comptes nationaux par des tiers indépendants (RPA, 2007). Les gouvernements de quelques pays, comme l'Allemagne, la Finlande et la France, ont évalué la mesure de l'empreinte écologique (voir le tableau 1).

Les travaux de recherche commandés par les gouvernements ont soulevé des doutes quant à la pertinence d'employer l'empreinte écologique comme indicateur de développement durable (RPA, 2007). Par exemple, le Service de l'observation et des statistiques du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire de France conclut que l'utilisation de l'empreinte écologique comme indicateur de développement durable demande que sa méthodologie soit améliorée. Il faudrait que la gestion de la qualité soit appliquée aux comptes nationaux du GFN, comme elle l'est au Système de comptabilité nationale, pour que les décideurs publics l'utilisent (Schaefer et autres, 2006). La Suisse, la région Midi-Pyrénées, en France, et l'Écosse, l'Irlande du Nord et le Pays de Galles, au Royaume-Uni, l'ont quand même adoptée parmi des jeux plus ou moins extensifs d'indicateurs de développement durable. Toutefois, les défauts conceptuels et méthodologiques de l'empreinte écologique peuvent expliquer pourquoi les gouvernements résistent à l'adopter comme indicateur de développement durable.

---

[54] www.isa.org.usyd.edu.au/research/ef.shtml, consulté en juin 2009.

[55] « Le fait que le concept du développement durable soit à la fois attrayant politiquement et peu spécifique a créé un environnement particulièrement mûr pour les groupes de pression qui peuvent prendre appui sur cet attrait politique pour produire des indicateurs qui définissent le développement durable en des termes faisant avancer leurs ambitions politiques. » (Parris et Kates, 2003). (Trad. libre.)

Tableau 1 – Évaluation et adoption de l'empreinte écologique comme indicateur de développement durable par les gouvernements et par des organisations internationales

Gouvernement/ Organisation	Évaluation et recommandations	Suivi officiel et adoption
Allemagne	▪ Étude de Sustainable Europe Research Institute – SERI (Vienne), Ecologic (Berlin) et Best Foot Forward (Oxford) (Giljum et autres, 2007) pour l'Office fédéral de l'environnement de l'Allemagne (Umweltbundesamt)[56]. ▪ Recommandations quant aux améliorations à apporter aux données et à la méthodologie, notamment à l'égard des liens avec le système de comptabilité environnementale de l'Office fédéral de la statistique de l'Allemagne. ▪ Recommandations quant aux applications : · outil de communication et mesure de comparaison entre les pays; · intégration aux modèles d'économie de l'environnement pour évaluer l'éco-efficacité et l'incidence de nouveaux modes de consommation; · mesure non appropriée pour plusieurs aspects du développement durable (biodiversité, conservation, équité sociale, etc.).	▪ Pas de suivi officiel à notre connaissance. ▪ Office fédéral de l'environnement : publication de Giljum et autres (2007) sur le site Web[57].
Australie État de Victoria	Commande par l'EPA Victoria d'une évaluation de l'empreinte écologique calculée à l'aide de deux méthodologies (Lenzen et autres, 2005).	Pas de suivi officiel à notre connaissance.
Belgique	Évaluation indépendante considérée (RPA, 2007).	
Canada	Évaluation dans le cadre d'un atelier d'experts organisé par Statistique Canada et l'Université York (Crummey et Victor, 2008).	Décision par Statistique Canada de ne pas la mesurer, étant donné les faiblesses statistiques.
Convention sur la biodiversité		Adoption comme indicateur provisoire pour l'évaluation du progrès en vue des cibles de biodiversité de 2010[58].

[56] L'Office fédéral de l'environnement dépend du ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la nature et de la Sûreté nucléaire.
[57] www.umweltbundesamt.de/ressourcen-e/index.htm, consulté en juin 2009.
[58] RPA (2007). Voir www.cbd.int/2010-target/framework/indicators.shtml, consulté en juin 2009. Une décision de la Convention des Parties classe l'empreinte écologique parmi « les indicateurs nécessitant plus de travail » *(indicators*

Émirats arabes unis	Évaluation indépendante considérée (RPA, 2007).	
Finlande	▪ Projet de recherche sur son applicabilité en Finlande par le Finnish Environment Institute (SYKE)[59]. ▪ Recommandation du SYKE : mise au point de la méthodologie nécessaire avant son adoption comme indicateur. ▪ Évaluation indépendante complétée pour le secteur de la foresterie (mémoire de maîtrise)[60].	▪ Utilisation comme « indicateur complémentaire » dans l'évaluation, par le National Indicator Network, du caractère durable du développement de la Finlande en 2007[61].
France	▪ Demande du premier ministre français, le 20 janvier 2009, invitant le Conseil économique, social et environnemental à préparer un avis sur les indicateurs de développement durable et l'empreinte écologique. Préparation du projet d'avis par une commission ad hoc (Le Clézio, 2009) : ▪ Considération de faire de l'empreinte écologique un indicateur de la Stratégie nationale du développement durable « davantage toutefois en tant que facteur de prise de conscience qu'en tant qu'outil de gestion ». ▪ Recommandations : améliorer la méthodologie de l'empreinte et donner dans l'immédiat la priorité au bilan carbone. ▪ Étude du Service de l'observation et des statistiques du Commissariat général au développement durable[62] pour évaluer la pertinence scientifique de l'empreinte	▪ Proposition de loi du député Yves Cochet tendant à réduire l'empreinte écologique de la France, déposée le 6 janvier 2009[63] : rejet de la proposition dans l'attente des conclusions de la commission Stiglitz[64] et des expertises techniques menées par le Commissariat général au développement durable (Le Clézio, 2009). ▪ Présentation possible de l'empreinte écologique lors de la Conférence nationale sur les indicateurs de développement durable prévue par le Grenelle de l'environnement avant la fin de 2009 (SOeS, 2009).

---

confirmed as requiring more work , par opposition « aux indicateurs considérés prêts pour une mise à l'essai et une utilisation immédiates » *(indicators considered ready for immediate testing and use).* (Trad. libre.)

[59] Le Finnish Environment Institute est le centre de recherche national en environnement et relève du ministère finlandais de l'Environnement (www.environment.fi/default.asp?node=5297&lan=en).

[60] www.environment.fi/default.asp?contentid=204803&lan=EN, consulté en juin 2009.

[61] Le National Indicator Network élabore et met à jour les indicateurs de développement durable pour la Finlande. Le réseau regroupe, notamment, des représentants du ministère de l'Environnement et du Government Institute for Economic Research (VATT), qui représente le ministère des Finances, ainsi que des représentants des gouvernements locaux et de Statistics Finland. Par ailleurs, la Finnish National Commission on Sustainable Development a approuvé 34 indicateurs de développement durable (voir le feuillet préparé par le ministère de l'Environnement de la Finlande et par SYKE, 2007, *Towards sustainable choices. A nationally and globally sustainable Finland*, www.environment.fi/indicators, consulté en juin 2009, qui résume l'évaluation, par le National Indicator Network, du caractère durable du développement de la Finlande en 2007, et www.environment.fi/default.asp?node=15131&lan=EN, consulté en juin 2009.

[62] Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire.

[63] www.assemblee-nationale.fr/13/dossiers/empreinte_ecologique.asp, consulté en juin 2009.

[64] La Commission sur la mesure de la performance économique et du progrès social, présidée par Joseph E. Stiglitz, professeur de l'Université de Columbia et prix Nobel d'économie, a été créée à l'initiative du gouvernement français au début de 2008 (www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/fr/index.htm, consulté en juin 2009).

	écologique (SOeS, 2009) : Recommandation : « À ce stade, le SOeS considère que l'empreinte ne peut être retenue parmi les indicateurs phares (à côté des 11 indicateurs de la future SNDD) permettant de suivre le développement durable dans la perspective d'orienter les politiques publiques. La prise en compte de l'EE à côté d'autres indicateurs de développement durable de second rang peut être envisagée. »	
Région Midi-Pyrénées		Parmi un jeu de 46 indicateurs régionaux, adoption pour estimer la pression par habitant exercée sur l'environnement[65].
Japon	Évaluation formelle en coopération avec le GFN (RPA, 2007).	
Pays-Bas	▪ Avis d'expert demandé par le ministère de l'Environnement des Pays-Bas (Opschoor, 2000). ▪ Recommandation de ne pas l'adopter.	Pas de suivi officiel à notre connaissance.
Royaume-Uni	▪ Étude indépendante par Risk & Policy Analysts (RPA, 2007). ▪ Recommandation de ne pas l'adopter à ce stade[66].	Proposé par la Sustainable Development Commission au sein d'un jeu volontaire d'indicateurs pour le suivi du développement durable sur le plan local[67].
Écosse	Évaluation indépendante commandée en 2008[68].	Adoption comme cible de développement durable dans son cadre de performance national[69].
Irlande du Nord	Évaluation indépendante par EnviroCentre[70].	Adoption comme indicateur[71].

[65] Panier et Ratte (2007).

[66] « [Au lieu d'adopter l'empreinte écologique comme indicateur de développement durable], le gouvernement [du Royaume-Uni] devrait poursuivre d'autres recherches en vue de développer un indicateur robuste des émissions grises et des impacts du commerce de biens et services. » (RPA, 2007). (Trad. libre.).

[67] Sustainable Development Commission (2008). *Local decision-making and sustainable development : LSPs, sustainable community strategies and LAAs*, novembre, 20 p., www.sd-commission.org.uk/pages/local-government.html.

[68] www.scotland.gov.uk/News/News-Extras/footprint, consulté en juin 2009.

[69] Voir www.scotland.gov.uk/About/scotPerforms/indicators/ecologicalFootprint et Scottish Government, *Scottish budget spending review 2007* (www.scotland.gov.uk/Publications/2007/11/13092240/36, les deux sites consultés en juin 2009).

[70] Voir www.northern-limits.com.

[71] L'une des cibles clés de la stratégie de développement durable de l'Irlande du Nord est de stabiliser son empreinte écologique d'ici 2015 et de la réduire par la suite (RPA, 2007).

Pays de Galles		Adoption par le Welsh Assembly Government comme un des cinq indicateurs de développement durable[72].
Suisse	Commande, par des organismes fédéraux, dont l'Office fédéral de la statistique (OFS)[73], d'un rapport national sur l'empreinte écologique de la Suisse (von Stokar et autres, 2006a et 2006b).	Adoption parmi le jeu de quelque 80 indicateurs du système MONET, publié sur le site de l'OFS[74].
Union européenne, organes		
Comité économique et social européen[75]	▪ Décision d'élaborer un avis sur *Dépasser le PIB. Indicateurs de développement durable*[76]. ▪ Recommandation en faveur de l'empreinte écologique : « L'empreinte écologique [...] constitue, malgré ses lacunes, le meilleur indicateur global disponible en matière de développement durable sur le plan environnemental. »	Adoption de l'avis en faveur de l'empreinte écologique.
Commission européenne	Recommandations en faveur de son utilisation en combinaison avec d'autres indicateurs de développement durable, et proposition d'un agenda de recherche à partir de la méthodologie du GFN (Best et autres, 2008).	Soutien à l'amélioration de l'empreinte écologique et test, parmi d'autres indicateurs, « pour suivre l'évolution de la stratégie thématique sur l'utilisation viable des ressources naturelles [...] » (Commission des communautés européennes, 2009)
Eurostat	▪ Évaluation critique (Schaefer et autres, 2006). ▪ Recommandations d'amélioration méthodologique.	Ouverture à coopérer (toutefois, Eurostat n'est pas impliqué à l'heure actuelle dans son calcul[77]).

Note : La liste de pays, de régions et d'organisations internationales n'est pas exhaustive.

[72] Dawkins et autres (2008) ont recalculé l'empreinte écologique du Pays de Galles. Voir RPA (2007).
[73] L'Office fédéral du développement territorial (ARE), la Direction du développement et de la coopération (DDC), l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et l'Office fédéral de la statistique (OFS).
[74] Voir www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/21/02/ind32.approach.3201.html et www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/21/03/blank/blank/01.html, consultés en septembre 2009. Par souci de comparabilité, la Suisse laisse à la discrétion du GFN le choix d'élaborer les comptes de l'empreinte écologique de la Suisse à l'aide des données internationales (notamment de l'Agence de l'énergie internationale), plutôt que des données nationales (von Stokar et autres, 2006b).
[75] Le Comité économique et social européen (CESE) est composé de 344 membres issus des milieux socioéconomiques de l'Europe dont la mission est d'adresser des avis sur des thèmes d'intérêt européen au Conseil, à la Commission et au Parlement européen (http://eesc.europa.eu/organisation/how/index_fr.asp).
[76] *Avis du Comité économique et social européen sur le thème « Dépasser le PIB. Indicateurs pour un développement durable »* (avis d'initiative de l'Observatoire du développement durable). Martin Siecker (rapporteur). Octobre 2008 (www.beyond-gdp.eu/download/bgdp_AC_ces1669-2008_fr.pdf, consulté en juin 2009).
[77] Vincent Tronet, Eurostat, communication personnelle.

4. Limites et avantages de l'empreinte écologique

L'empreinte écologique est utile pour rendre intelligibles les conséquences environnementales des modes de consommation (IFEN, 2008). Cependant, sa mesure, notamment à l'aide des comptes nationaux du GFN, pose divers problèmes d'ordre conceptuel et méthodologique[78]. La méta-analyse, effectuée par Nijkamp et autres (2004), a démontré que le niveau spatial considéré, l'année de référence et la méthodologie utilisée contribuaient à expliquer la variation de la mesure de l'empreinte entre différentes études empiriques. Malgré cela, la pertinence que les décideurs reconnaîtront à l'empreinte écologique dépendra de « la capacité de ses partisans à apprécier le “marché” des politiques publiques et à tirer profit de la couverture médiatique pour influencer la prise de décision[79] ».

Des auteurs ont proposé des méthodes alternatives pour améliorer la cohérence et la robustesse de la mesure de l'empreinte écologique (notamment l'approche entrées-sorties; voir les sections 2 et 5), mais l'emploi de méthodes variées peut rendre les résultats moins comparables d'un pays à l'autre[80]. Interprété correctement, l'indicateur de l'empreinte écologique est un bon outil de communication. Par ailleurs, la prestigieuse revue *Proceedings of the National Academy of Sciences* a publié un article au sujet de l'évaluation de l'empreinte écologique de l'humanité (Wackernagel et autres, 2002), ce qui a rehaussé la crédibilité de l'empreinte comme indicateur de développement durable (Parris et Kates, 2003)[81].

4.1. Interprétation de la mesure

L'interprétation de l'empreinte écologique recèle des ambiguïtés, à commencer par la définition du concept de développement durable qui la sous-tend. Sur le plan mondial, la construction de la mesure limite la signification de l'empreinte. Par ailleurs, en tant que mesure de flux, « l'empreinte écologique n'est pas une mesure prédictive […] : l'empreinte écologique de cette année ne nous permet pas de savoir si celle de la prochaine année sera plus ou moins grande[82] ». Calculé sur une base périodique, un tel indicateur renseigne tout de même sur l'évolution d'un système vers un état plus ou moins durable (Mayer, 2008; Ebert et Welsch, 2001). Exprimée par personne, elle peut servir à juger de l'équité de la consommation entre les territoires (Costanza, 2000).

La manière dont l'empreinte écologique considère la technologie d'extraction des ressources (et d'absorption du CO_2) rend plus ambiguë l'interprétation de la mesure globale de l'empreinte comme exigence minimale de développement durable (voir la section 1.1). Bien que l'empreinte écologique soit généralement perçue comme émanant de la conception forte du développement

---

[78] La critique de l'empreinte écologique a surtout été lancée par Van den Bergh et Verbruggen (1999), dont l'article a été très cité. La critique de Van den Bergh et Verbruggen adopte un point de vue économique.
[79] Parris et Kates (2003). (Trad. libre.)
[80] Bien qu'un écart significatif entre des mesures de l'empreinte écologique issues de différentes méthodes serait symptomatique de problèmes méthodologiques.
[81] Il faut garder en tête que, « jusqu'à présent, il n'y a pas de jeux d'indicateurs qui aient été acceptés universellement, qui soient fondés sur une théorie incontestable et sur une analyse et des données rigoureuses, et qui aient de l'influence sur les politiques. [...] Le développement durable n'est pas défini au mieux par une clarification sémantique ou philosophique, mais par des jugements normatifs relatifs à des objectifs et à des cibles contenus dans des accords formels, des traités et des déclarations. » (Parris et Kates, 2003).
[82] « Les mesures de stock offrent un meilleur pouvoir prévisionnel » (Hanley et autres, 1999). (Trad. libre.)

durable (voir page 7), le concept de développement durable qui la sous-tend est circonscrit entre deux critiques. D'une part, des auteurs l'accusent d'optimisme vis-à-vis de la technologie. Cet optimisme est implicite dans la notion de rendement biologique potentiel, qui suppose que les procédés d'extraction des ressources et les modes de gestion actuels sont durables (Venetoulis et Talberth, 2008). De ce point de vue, l'empreinte globale est une exigence de développement durable encore moins contraignante. D'autre part, l'empreinte écologique est vue comme pessimiste vis-à-vis de la technologie, puisqu'elle se base sur les technologies actuelles et ne prend pas en compte leur amélioration éventuelle (Costanza, 2000). Quoi qu'il en soit, Costanza reconnaît que l'empreinte puisse être « un indicateur provisoire utile de la durabilité à l'échelle mondiale[83] ».

Par contre, la construction du modèle qui sous-tend l'empreinte écologique (figure 2, section 1.2) fait en sorte que, sur le plan mondial, l'empreinte due à la récolte agricole et à la construction de bâtiments et d'infrastructures et celle qui découle de l'élevage contrebalancent la capacité biologique des terres agricoles et des pâturages, respectivement. Ainsi, et parce qu'il n'y a pas de capacité biologique faisant contrepartie à l'empreinte due aux émissions de CO_2 (sur les superficies de forêt en régénération dont la productivité n'est pas considérée comme utile), « [la] conséquence est que le déficit écologique au niveau mondial [...] reflète essentiellement le surplus d'émissions de CO_2 » (l'empreinte carbone équivaut à 52 % de l'empreinte) (SOeS, 2009)[84]. Par ailleurs, l'interprétation de l'empreinte à l'échelle régionale (il faut entendre « régionale » par opposition à « mondiale ») est problématique parce que la dépendance envers les écosystèmes varie avec l'échelle spatiale qui est considérée (Nijkamp et autres, 2004).

4.2. *Délimitation spatiale et perspective sur les échanges commerciaux*

Une critique importante de l'empreinte écologique porte sur la délimitation spatiale du système qu'elle mesure. Premièrement, comme dans le cas d'autres indicateurs de développement durable, les comptes de l'empreinte écologique sont élaborés suivant des frontières politiques. Or, la délimitation du système par des frontières nationales (ou subnationales) est arbitraire du point de vue environnemental (Van den Bergh et Verbruggen, 1999). En effet, les frontières politiques ne coïncident que rarement avec les limites des écosystèmes (Mayer, 2008). Cependant, les frontières politiques sont pertinentes à l'égard du développement durable si les lois du pays

[83] La détermination de ce que devrait être un bon indicateur pour ordonner les pays en fonction du caractère durable de leur développement ne fait pas consensus. En effet, les différents indicateurs de développement durable sont peu cohérents dans la manière dont ils classent les pays (Hanley et autres, 1999; Mayer, 2008). Par exemple, contrairement à d'autres indicateurs environnementaux, l'empreinte écologique accorde un caractère durable à certains pays en développement, alors qu'elle attribue à plusieurs pays avancés un caractère peu durable (Pillarisetti et Van den Bergh, 2007). Les hypothèses sous-jacentes quant à la conception faible ou forte du développement durable, ainsi que le biais des indicateurs par rapport à la perspective environnementale, économique ou sociale, expliquent une partie de ces incohérences (Hanley et autres, 1999; Mayer, 2008).

[84] L'augmentation des émissions de CO_2 dans le temps explique l'accentuation du déficit écologique depuis le début des années 1960. « De sorte que l'on peut légitimement se demander [...] si l'empreinte carbone, qui compte pour la moitié de l'empreinte totale, ne devrait pas être mesurée en quantité physique plutôt qu'en usant d'un artéfact (l'hectare global) : le calcul serait dans doute plus robuste. » (Le Clézio, 2009). À ce sujet, voir aussi le résumé provisoire des travaux de la Commission sur la mesure de la performance économique et du progrès social, publié le 2 juin 2009 (www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/documents/draft_summary.pdf, consulté en août 2009).

peuvent l'influencer. À ce titre, il demeure utile de définir le territoire d'un pays comme système d'évaluation du développement durable[85].

Les échanges commerciaux expliquent une bonne partie de la variation de l'empreinte des nations dans le temps (Le Clézio, 2009; IFEN, 2008). Essentiellement, le solde écologique d'un territoire mesure l'entrée nette de ressources depuis l'extérieur. Or, la durabilité de cette entrée de ressources ne peut pas en être déduite[86]. Dans un monde où la distribution des populations et des ressources est hétérogène, les échanges commerciaux aident à faire concorder les activités d'extraction des ressources, de production et de consommation. Les ressources provenant de l'extérieur peuvent exercer une pression plus ou moins forte sur les terres et les eaux des régions exportatrices. En fait, le concept du solde écologique « nie les raisons du commerce international et de la concentration des activités dans l'espace » (Pillarisetti et Van den Bergh, 2007).

Pillarisetti et Van den Bergh (2007) vont jusqu'à considérer que l'empreinte écologique d'une nation ou d'une subnation repose sur une « perspective normative quasi autarcique[87] ». En effet, la minimisation du déficit écologique peut suggérer des changements à l'égard de la densité des populations qui iraient à l'encontre du bien commun (Pillarisetti et Van den Bergh, 2007; Van den Bergh et Verbruggen, 1999)[88]. À l'aide d'un modèle théorique, Grazi et autres (2007) ont comparé des configurations spatiales selon, d'une part, l'empreinte écologique et, d'autre part, une analyse spatiale du bien-être économique. Ils ont trouvé que l'empreinte suggérait un classement des configurations spatiales qui n'était pas cohérent avec celle que suggère l'optimisation du bien-être[89].

4.3. Méthode de pondération

La méthode de pondération de l'empreinte écologique est implicite dans les éléments de la matrice de consommation et d'utilisation des sols. Ces éléments expriment la superficie de chaque aire productive nécessaire pour satisfaire à chaque catégorie de consommation (voir page 17). Bien que ces valeurs découlent de l'application de facteurs de conversion fondés scientifiquement, Van den Bergh et Verbruggen (1999) ont fait valoir qu'elles ne correspondaient pas nécessairement aux poids qui seraient définis selon des choix de société. En fait, les poids de l'empreinte écologique représentent la contribution de chaque catégorie de consommation à la problématique environnementale envisagée, soit l'appropriation de la productivité utile par la consommation humaine (Ebert et Welsch, 2004). Cette méthode de pondération est donc moins pertinente au regard de l'économie de l'environnement (Pedersen et de Haan, 2006).

---

[85] Van den Bergh et Verbruggen, 1999, p. 66, note 10, qui rapportent l'argument de Wackernagel.

[86] « Wackernagel lui-même a admis que l'existence d'écarts observés entre la demande [...] et la disponibilité des terres ne permettait pas de tirer de conclusions absolues sur la durabilité. » (Nijkamp et autres, 2004). De plus, dans leur méta-analyse, Nijkamp et autres trouvent que « les régions et, en particulier, les villes, semblent avoir des empreintes plus profondes que les nations [...], puisque, plus une région ouverte est petite, plus l'entrée de ressources sera élevée. » (Trad. libre.)

[87] (Trad. libre.)

[88] Van den Bergh et Verbruggen (1999) proposent un modèle simple pour expliquer comment les échanges commerciaux peuvent augmenter la capacité limite d'une région.

[89] Le classement suggéré par l'empreinte écologique concorde avec celui que propose l'analyse du bien-être dans le cas où les externalités environnementales négatives dominent toutes les autres composantes du bien-être économique (Grazi et autres, 2007).

Dans les termes de Mayer (2008), cela signifie que la méthode de pondération de l'empreinte écologique n'est pas basée sur « la théorie du choix social normatif ». « [Les poids] ne reflètent pas les changements dans la rareté relative, ni dans le temps, ni dans l'espace[90] » (Van den Bergh et Verbruggen, 1999). Par exemple, la méthode de pondération relative à l'utilisation de l'énergie est basée sur l'absorption du CO_2 par les forêts en régénération. Or, ce procédé d'absorption, qui exige de grandes étendues de forêt, est socialement coûteux, alors que les technologies de captage et de stockage du carbone présenteraient une solution de rechange moins exigeante quant à la superficie (Van den Bergh et Verbruggen, 1999)[91]. De plus, la méthode de pondération de l'empreinte est fixe par rapport au temps : par exemple, les rendements de production de matière sèche utilisés pour calculer le facteur de rendement des pâturages sont constants de 1961 à 2005 (SOeS, 2009). Ainsi, la méthode de pondération de l'empreinte écologique est arbitraire du point de vue de l'économie du bien-être, si bien que sa mesure peut mener à des conclusions non souhaitables d'un point de vue social[92].

4.4. Pertinence pour le suivi de la politique publique

Pour répondre aux besoins des décideurs, un indicateur de développement durable doit être « non ambigu et utile à la prise de décision stratégique et appliquée » (Hanley et autres, 1999). Un indicateur sera considéré comme utile à la prise de décision s'il renseigne sur l'état du système relativement à un objectif politique (Mayer, 2008). Or, il apparaît difficile de spécifier un objectif politique concret en vue duquel l'empreinte écologique permettrait de suivre le développement de la société. D'ailleurs, l'empreinte écologique ne reflète pas adéquatement les conséquences de toute politique nationale ou subnationale qui viserait un tel objectif. De plus, le fait que la mesure de l'empreinte écologique soit agrégée rend difficile l'analyse des effets par secteurs.

Tout d'abord, l'objectif politique qui sous-tend l'empreinte écologique n'est pas explicite. S'agit-il de « minimiser l'utilisation des terres ou [de] maximiser la productivité des terres[93] »? Mais encore, faudrait-il diminuer la population ou réduire la consommation par personne (Moffatt, 2000)? Par opposition à la **maximisation** de la productivité des terres, la **minimisation** de l'utilisation des terres signifie de minimiser la consommation, ce qui n'apparaît pas sensé. Bien qu'il ne soit pas explicite, l'objectif selon lequel il faudrait réduire l'appropriation par les humains de la productivité biologique, par l'effet combiné d'une **augmentation** du rendement des terres et des eaux et d'une **diminution** de la consommation, est implicite dans les discussions à propos de l'empreinte écologique. La logique derrière ces discussions est que le dépassement de

---

[90] (Trad. libre.) Voir aussi Le Clézio (2009, p. 41).

[91] Wackernagel et Yount (2000) admettent que « la plantation d'arbres, qui est actuellement la méthode la plus répandue pour absorber le CO_2 généré par les combustibles fossiles, ne peut être qu'une solution temporaire et qu'il peut y avoir des méthodes qui soient moins chères et moins exigeantes en étendue ». Selon ces auteurs, il s'agit d'« un exemple du type même d'option que l'empreinte est destinée à révéler ». (Trad. libre.) Par contre, les technologies de captage et stockage du carbone demeurent controversées. Il n'est pas évident que, d'un point de vue social, cette alternative soit préférée à l'absorption du carbone par les forêts.

[92] Cette critique pourrait s'appliquer à beaucoup d'autres indicateurs agrégés dont l'agrégation est fixe et basée sur un modèle physique (Van den Bergh et Verbruggen, 1999, p. 64, note 3). « Néanmoins, si la théorie néoclassique est considérée déficiente au regard du développement durable, [le fait que les indicateurs économiques soient dérivés de la base théorique rigoureuse de l'économie néoclassique] n'est plus un avantage qui rend ces indicateurs supérieurs aux autres, lesquels sont généralement caractérisés par une combinaison de bon sens écologique, de principes éthiques et d'empirisme (ce qui pourrait être perçu comme une combinaison somme toute admirable). » (Hanley et autres, 1999).

[93] Van den Bergh et Verbruggen (1999). (Trad. libre.)

la capacité limite de la planète est intenable à long terme (Parris et Kates, 2003). Toutefois, l'empreinte écologique n'indique pas si une politique donnée a permis de réduire l'appropriation de la capacité biologique.

En effet, les efforts pour rehausser le rendement du capital naturel sur le plan national ou subnational ne se reflètent pas sur la mesure de l'empreinte écologique. Le rendement national n'apparaît pas dans l'équation de l'empreinte écologique du GFN : la quantité de ressources utilisées et de CO_2 produite est divisée par le rendement **mondial** moyen (voir figure 3). Ainsi, une politique qui augmenterait le rendement agricole ou le taux de captage du carbone sur le plan **national** (ou subnational) ne ferait pas varier l'empreinte écologique (Wiedmann et Lenzen, 2007[94]; Van den Bergh et Verbruggen, 1999)[95]. Or, la mesure de l'empreinte écologique sur le plan national ou subnational perd de sa pertinence si les décideurs concernés ne peuvent pas agir de façon à changer sa valeur (Parris et Kates, 2003).

Face à cette lacune, Van den Bergh et Verbruggen (1999) recommandent d'employer la mesure « réelle » de l'empreinte écologique. Le rendement réel des terres, au lieu du rendement mondial moyen, servirait à calculer l'empreinte écologique « réelle », exprimée en hectares, et non en hectares globaux. McDonald et Patterson (2004) ont calculé l'empreinte écologique de cette façon pour les régions de la Nouvelle-Zélande. Cette méthode permet de prendre en compte l'avantage comparatif des régions à l'égard de l'extraction des produits primaires et de la production manufacturière (Wiedmann et Lenzen, 2007). De même, l'emploi de facteurs de rendement réels pour calculer la capacité biologique procure une information plus utile à la planification régionale, en révélant les différences dans le rendement des terres entre les régions (Lewan et Simmons, 2001). Du point de vue des populations interpellées, les mesures réelles sont davantage éloquentes, considérant la superficie de terres effectivement occupées par les populations (McDonald et Patterson, 2004)[96].

Par ailleurs, la mesure de l'empreinte écologique issue des comptes nationaux du GFN est considérée comme trop agrégée pour aider à la prise de décision (Ayres, 2000). Cette méthode « ne procure ni une désagrégation par secteur économique, ni par catégorie de la demande finale » (Wiedmann et autres, 2006). Toutefois, la désagrégation des comptes de l'empreinte écologique par industrie à l'aide de l'approche entrées-sorties permet d'analyser l'effet sur l'empreinte des changements qui surviennent dans différents secteurs d'activité. Enfin, l'emploi de valeurs mondiales pour l'énergie grise des produits importés, au lieu de valeurs nationales, a

[94] Toutefois, les politiques qui visent la productivité des procédés manufacturiers influencent la mesure de l'empreinte écologique, puisque la conversion de la quantité de produits secondaires en quantité équivalente de produits primaires utilise des coefficients nationaux (Wiedmann et Lenzen, 2007). Selon Wiedmann et Lenzen, la différence de traitement entre les produits primaires et les produits secondaires constitue une « incohérence méthodologique ». Par conséquent, ils conseillent d'employer de façon cohérente, pour les deux catégories de produits, des facteurs de conversion qui correspondent soit à des moyennes mondiales ou à des valeurs nationales, mais de ne pas utiliser une combinaison des deux. (Trad. libre.)

[95] Toute politique régionale fera varier l'empreinte écologique exprimée en hectares globaux si elle affecte le rendement mondial moyen. Par ailleurs, étant donné l'ampleur de la composante énergie dans l'empreinte écologique, « [sa] profondeur changerait presque simultanément lorsque des politiques énergétiques alternatives seraient appliquées » (Ferng, 2002, qui cite Van den Bergh et Verbruggen, 1999). (Trad. libre.)

[96] Toutefois, le fait de ne pas exprimer l'empreinte écologique en hectares globaux rend la comparaison entre les pays plus difficile (Lewan et Simmons, 2001). Voir aussi Nijkamp et autres (2004).

pour effet de cacher l'incidence d'une éventuelle politique de consommation qui agirait sur les produits importés pour réduire l'empreinte écologique du pays (RPA, 2007)[97].

4.5. Problèmes liés à la mesure

La mesure de l'empreinte écologique doit pouvoir servir à affirmer que, si l'empreinte écologique diminue dans le temps, le bien-être de la société devient moins précaire; si elle augmente, son bien-être devient plus précaire. Pour être robuste, la mesure de l'empreinte écologique doit rester à peu près constante par rapport à différentes sources de données dont la précision peut varier. Puisque les comptes nationaux du GFN sont construits à partir de bases de données internationales, il importe de considérer les erreurs de transformation auxquelles le transfert des statistiques nationales vers ces bases de données peut donner lieu (Simmons et autres, 2007). Les évaluations de l'empreinte écologique pour la Suisse[98], la Finlande et l'Irlande ont démontré que les divergences entre les données d'importations-exportations nationales et celles que compilent les organisations internationales et les changements dans le traitement des données pour constituer les comptes pouvaient faire varier la mesure de plus de 20 % (RPA, 2007). Bien que des ajustements aient été apportés aux comptes pour résoudre ces problèmes, d'autres études pourraient en révéler de nouveaux.

En ce qui concerne la méthodologie, le calcul de l'empreinte écologique de la France à partir des données du GFN par le Service de l'observation et des statistiques (SOeS) a permis de conclure à une bonne reproductibilité (2009). Par contre, les améliorations apportées à la méthodologie peuvent faire varier la mesure de l'empreinte de façon importante[99]. Pour en tenir compte, le GFN met à jour une série temporelle débutant en 1961. Toutefois, selon le SOeS, ces changements ne sont pas suffisamment documentés. En outre, le fait que la comptabilité du GFN ne prenne pas en compte certaines variables limite la comparabilité entre pays, ces variables étant « négligeables ou importantes suivant les caractéristiques du pays » (Le Clézio, 2009). Par exemple, puisque certains pays ont recours au nucléaire, contrairement à d'autres, l'exclusion de cette énergie rend l'empreinte moins comparable entre ces pays qui pourraient pourtant avoir un niveau de vie similaire (SOeS, 2009). De plus, l'omission des importations et exportations de services peut influencer la mesure de l'empreinte de pays exportateurs de services, dont les secteurs de la télécommunication ou de la recherche et développement, par exemple, sont importants (Giljum et autres, 2007; RPA, 2007).

4.6. Transparence

La mesure de l'empreinte écologique issue des comptes du GFN pose un problème de transparence, parce que la méthodologie peut difficilement être reproduite sans le tableur des

---

[97] De plus, dans certains cas, cette hypothèse peut engendrer une erreur qui surestime l'empreinte écologique. Malgré cela, Monfreda et autres (2004) croient peu probable que cette erreur d'imputation mine le biais conservateur de la mesure de l'empreinte.

[98] Comme première étape à son examen de l'empreinte écologique, le gouvernement suisse a demandé à INFRAS de comparer les statistiques internationales qui constituent la base de données utilisée par le GFN et les statistiques suisses. INFRAS conclut que les données internationales et suisses sont généralement compatibles. Il a été convenu que le GFN « [intègre] les statistiques suisses dans ses nouveaux calculs ». (Stokar et autres, 2006a et 2006b).

[99] En particulier, « le traitement du nucléaire malmène la cohérence temporelle des résultats ». (SOeS, 2009). Par exemple, l'exclusion de l'énergie nucléaire des comptes du GFN en 2008 a amené une réduction de 20 % de la mesure de l'empreinte écologique de la France par rapport à 2006 (Le Clézio, 2009).

comptes. Malgré la première publication, en 2008, d’un guide méthodologique détaillé, la construction des facteurs d’équivalence et des facteurs de rendement ainsi que le traitement des valeurs manquantes (ce qui concerne l’énergie grise des produits importés) demeurent peu explicites (Le Clézio, 2009; SOeS, 2009). Par ailleurs, bien que les sources des données constituant les comptes du GFN soient communiquées, il est difficile d’en évaluer la marge d’erreur (Schaefer et autres, 2006)[100]. Il devrait idéalement exister un manuel qui donnerait des directives pour la validation des données et l’évaluation de la qualité des résultats (Schaefer et autres, 2006). De plus, les comptes du GFN sont payants et protégés par une licence, ce qui pose un problème de principe (Le Clézio, 2009).

4.7. Outil de communication

La population doit être tenue au courant de la dégradation de son environnement (Hanley et autres, 1999). La mesure de l’empreinte écologique est reconnue comme un bon moyen de communiquer les conséquences de la consommation et les comptes sous-jacents sont vus comme un outil heuristique. « Le concept global est pédagogique, simple à saisir et intuitivement compréhensible avec la métaphore du mot empreinte [...]. La comparaison des pays est facile à représenter. Les acteurs politiques et les citoyens se sentent concernés par le résultat exprimé par cet indicateur » (IFEN, 2008). Sa puissance provient du fait qu’elle traduit une réalité complexe en une seule dimension, soit une mesure de superficie – l’hectare – qui est une unité évocatrice (Costanza, 2000).

L’empreinte écologique convertit et agrège les modes complexes d’utilisation des ressources d’une population en superficie de terres équivalente (Costanza, 2000). À ce titre, sa méthodologie procure un avantage, puisque la conversion d’unités diverses en une unité unique permet l’élaboration de comptes. Tout en reconnaissant les limites du modèle de pondération, les flux représentés dans un tel système de comptabilité peuvent être comparés et analysés de façon cohérente (Mayer, 2008). L’inconvénient est qu’il est facile d’ignorer la source des données, les incertitudes, la méthode de pondération et les hypothèses lors de l’interprétation d’un indicateur agrégé (Costanza, 2000).

Dans les termes de Costanza (2000) : « La controverse se soulève lorsque, du simple énoncé des résultats d’un calcul d’empreinte écologique, on en vient à l’interpréter comme indicateur d’autre chose. » En effet, l’obtention d’une mesure simple ne signifie pas que l’interprétation est simple (Best et autres, 2008; voir section 4.1). Van den Bergh et Verbruggen (1999) vont jusqu’à mettre en garde contre la « fausse concrétion[101] » de l’empreinte écologique, c’est-à-dire que les hectares hypothétiques qui composent la mesure de l’empreinte écologique pourraient être interprétés comme des hectares « réels ». En effet, « il ne s’agit pas de mesurer l’espace utilisé mais d’exprimer l’offre théorique d’un espace standardisé » (Le Clézio, 2009). L’avantage de l’empreinte écologique comme outil de communication dépend donc de sa juste interprétation, qui requiert une compréhension des limites conceptuelles de la méthodologie dont elle est issue.

[100] Toute mesure issue de bases de données internationales pourrait soulever les mêmes enjeux (RPA, 2007).
[101] (Trad. libre.)

5. Rapprochement entre l'empreinte écologique et l'approche par capitaux

Cette section explore le rapprochement entre l'empreinte écologique et l'approche par capitaux, qui forme un cadre pour le suivi du développement durable. Cette exploration vise à évaluer la cohérence statistique d'un cadre élargi qui intégrerait l'empreinte écologique. Pourvu que l'empreinte écologique soit mesurée à l'aide de l'approche entrées-sorties (voir section 2.1), un lien existe, qui se situe dans le SCN et dans le SEEA[102], ou comptes de l'environnement. Le SCN de 1993 présente deux ensembles de lignes directrices sur l'environnement : celles qui visent l'incorporation des actifs en ressources naturelles dans les comptes du bilan national et celles qui décrivent l'élaboration du SEEA (Statistique Canada, 2006). Le SEEA forme un cadre comptable (au moins partiel) pour mesurer le développement durable (United Nations et autres, 2003).

L'approche par capitaux[103] a été recommandée par le WGSSD pour encadrer le choix d'un jeu d'indicateurs de développement durable. Les administrations qui s'inspirent déjà de cette approche sont la Belgique, la Norvège, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Suisse et la Banque mondiale. L'approche par capitaux aborde le développement durable du point de vue de la « base du capital total » d'un pays ou de la « richesse nationale totale » (WGSSD, 2008). Dans cette perspective, un développement est durable s'il permet le maintien de la base du capital total dans le temps. Suivant le sens large que le développement durable donne à l'idée de consommation, l'approche par capitaux repose sur les cinq catégories de stock qui composent la base de capital total, soit le capital financier, produit, naturel, humain et social (voir section 1.1). « Tandis qu'une richesse totale par personne qui soit stable ou croissante ne garantit pas que le développement soit durable, l'opposé garantit l'impossibilité du développement durable. Autrement dit, vis-à-vis d'un stock de capital déclinant, le bien-être diminuera dans le long terme » (WGSSD, 2008).

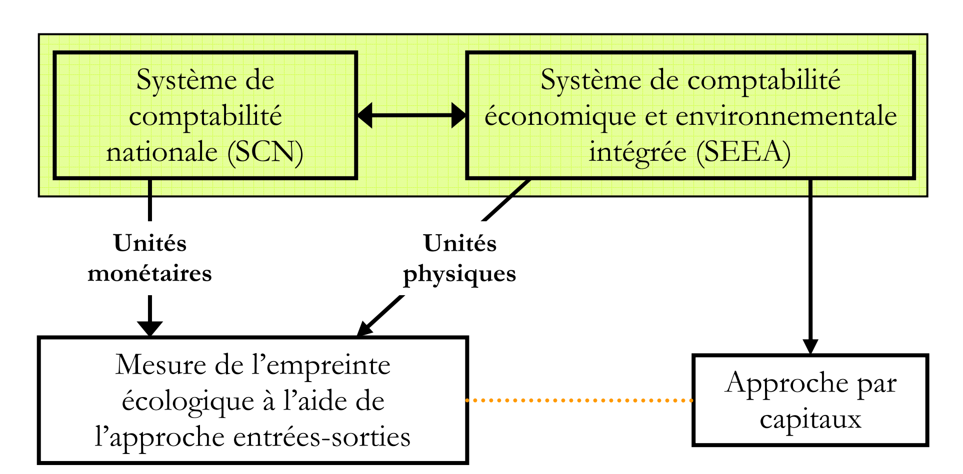
Afin d'explorer la zone de rapprochement entre l'empreinte écologique et l'approche par capitaux, l'argumentation présentée ci-contre examine les différents liens illustrés à la figure 4. Tout d'abord, la section 5.1 décrit le SEEA, ainsi que son rapport au SCN. Ensuite, la section 5.2 explique l'approche entrées-sorties qui permet de mesurer l'empreinte écologique, soit à partir des données en unités monétaires du SCN ou des données en unités physiques du SEEA. Enfin, la section 5.3 situe le lien entre l'empreinte écologique et l'approche par capitaux sur la base de la discussion des deux sections précédentes.

---

[102] *System of integrated environmental and economic accounts* (SEEA) : http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=2995.

[103] *Capital approach*.

Figure 4 – Possibilité de rapprochement entre l'empreinte écologique et l'approche par capitaux



Source : Institut de la statistique du Québec.

5.1. Système de comptabilité économique et environnementale intégrée

Le SEEA, élaboré par l'Organisation des Nations unies, complète et accroît la portée du Système des comptes nationaux (SCN) (Heal et Kriström, 2001). Le SCN représente un « cadre de mesure », au sens où il traduit, à l'aide d'un ensemble de méthodologies et de règles d'organisation, des données fondamentales en une information cohérente quant aux concepts du développement économique. Ce système d'information permet de calculer les indicateurs macroéconomiques, notamment le produit intérieur brut (PIB). Le SEEA, qui encadre la mesure du capital naturel, constitue un système parallèle[104] du SCN (WGSSD, 2008). Le SEEA permet de décrire les flux monétaires et physiques sur une base horizontale cohérente (Pedersen et de Haan, 2006).

Quatre catégories forment le SEEA : les comptes de flux de matières et d'énergie; les éléments du SCN qui relèvent de la gestion de l'environnement (comme les dépenses de protection de l'environnement); les comptes d'actifs naturels; les comptes pour l'ajustement du SCN selon l'épuisement des actifs, les dépenses de protection et la dégradation de l'environnement (United Nations et autres, 2003). En ce qui concerne les comptes de flux, ils regroupent quatre types de matière. Tout d'abord, le concept de **produits**, repris du SCN, renvoie à la matière transigée sur le marché. Ensuite, la matière qui passe de l'environnement à l'économie constitue soit des **ressources naturelles** (ressources minérales et énergétiques, sol et ressources biologiques) ou des **intrants de l'écosystème** (l'eau et l'oxygène pour la combustion et la respiration). Enfin, les

[104] Il y a un débat au sujet de la nature du lien entre le SEEA et le SCN. Certains considèrent que le SEEA est un système satellite du SCN. Un système satellite est contraint par les concepts et les définitions du système « parental », alors qu'un système parallèle peut traiter d'autres aspects et les traiter différemment. Le SEEA et le SCN se rejoignent vis-à-vis de certains éléments (Robert Smith, directeur de la Division des comptes et de la statistique de l'environnement de Statistique Canada et ancien président du Working Group on Statistics for Sustainable Development – WGSSD, communication personnelle).

résidus sont les éléments sortant de l'économie vers l'environnement (United Nations et autres, 2003; Pedersen et de Haan, 2006).

Parce que les comptes de flux physiques sont organisés suivant les principes comptables des comptes nationaux, il est possible d'élaborer des comptes hybrides qui associent les ressources naturelles et les intrants de l'écosystème et les résidus des comptes de flux physiques aux données monétaires des comptes nationaux. Ces comptes hybrides permettent de déterminer « dans quelle mesure l'économie dépend d'intrants environnementaux spécifiques et [de connaître] la sensibilité de l'environnement vis-à-vis d'activités économiques particulières[105] ». Par exemple, des comptes hybrides pourraient servir à répondre à une question comme : « Est-ce qu'une industrie dont les impacts sur l'environnement sont importants ajoute beaucoup de valeur à l'économie? » En particulier, les comptes hybrides permettent de suivre la progression de la « dématérialisation » de l'économie, ou la séparation de la croissance économique de la production de matière[106].

5.2. Lien entre l'empreinte écologique et le Système de comptabilité nationale

Les comptes nationaux de l'empreinte écologique du GFN, basés sur l'approche agrégée, ne sont pas construits « suivant des conventions internationales acceptées généralement comme celles utilisées dans le Système de comptabilité nationale des Nations unies[107] ». Ainsi, « [l'empreinte écologique] ne peut être facilement mise en relation avec d'autres éléments de la statistique publique, tels que les comptes nationaux, car elle utilise d'autres terminologies et nomenclatures » (IFEN, 2008). Toutefois, Wackernagel et Yount (2000) souhaiteraient que la méthodologie des comptes nationaux du GFN progresse jusqu'à devenir une « contrepartie du Système de comptabilité nationale [SCN] » servant de « cadre de comptabilité pour le capital naturel national[108] ». En revanche, la mesure de l'empreinte écologique à l'aide de l'approche entrées-sorties utilise le SCN ou le SEEA.

L'approche entrées-sorties utilise soit les tableaux d'entrées-sorties en valeurs monétaires du SCN ou ceux en valeurs physiques des comptes de l'environnement[109]. Bicknell et autres (1998), qui ont été les premiers à calculer l'empreinte écologique à l'aide de l'approche entrées-sorties, ont utilisé les tableaux d'entrées-sorties en valeurs monétaires pour estimer l'empreinte de la Nouvelle-Zélande. Ils ont multiplié les coefficients d'entrées-sorties par un ratio *land : value-of-output* pour chaque secteur, puis ont multiplié les éléments de la matrice résultante par le vecteur de la demande finale, ce qui donnait le nombre d'hectares nécessaire pour produire un niveau de consommation donné (1998). Ferng (2001) a raffiné la méthodologie de Bicknell et autres en utilisant une composition des ratios *land : value-of-output* par type de terres, ce qui lui a permis de décrire l'empreinte des secteurs de production sur chaque type de terres.

---

[105] WGSSD (2008). (Trad. libre.)

[106] Voir Pedersen et de Haan (2006) et United Nations et autres (2003). Pedersen et de Haan proposent un important bémol à l'égard du principe de dématérialisation de l'économie. La désindustrialisation ou la transformation de l'économie vers une économie de services ou du savoir n'améliore pas le caractère durable à l'échelle mondiale lorsqu'elle « implique une dépendance accrue à la provision de produits étrangers dommageables pour l'environnement. » (Trad. libre.)

[107] McDonald et Patterson (2004). (Trad. libre.)

[108] (Trad. libre.)

[109] Une revue de littérature sur l'approche entrées-sorties est présentée dans Wiedmann et autres (2006).

Quelques années plus tard, McDonald et Patterson (2004) ont poussé plus loin l'approche entrées-sorties de Bicknell et autres (1998). À partir de tableaux d'entrées-sorties régionaux, ils ont estimé et comparé l'empreinte écologique de 16 régions de la Nouvelle-Zélande et analysé leurs interdépendances. Wiedmann et autres (2006), quant à eux, ont combiné la méthodologie du GFN avec l'approche entrées-sorties. Plus précisément, ils ont utilisé l'approche entrées-sorties pour réallouer les éléments des comptes nationaux du GFN par catégories de demande finale. Enfin, Ferng (2002) s'est penché sur la méthodologie de la composante énergie à l'intérieur du cadre entrées-sorties afin d'estimer l'énergie grise des biens et services consommés.

En ce qui concerne le calcul de l'empreinte écologique à l'aide des tableaux **physiques** d'entrées-sorties, Hubacek et Giljum (2003) ont été les premiers à le faire. Ces auteurs croient que les tableaux physiques sont plus appropriés que les tableaux monétaires pour calculer l'appropriation en terres de la production, parce que les secteurs dont la production nécessite plus de terres correspondent à ceux qui produisent les plus grands flux de matière. Ils ont calculé les exigences en hectares des exportations de l'UE 15[110] vers le reste du monde. Suh (2004) a élaboré une critique de l'article de Hubacek et Giljum (2003). Il a montré que la différence entre les résultats issus des tableaux physiques et des tableaux monétaires s'explique par le traitement des résidus de production, plutôt que par la représentation plus étroite de la réalité par les données physiques, comme Hubacek et Giljum l'ont suggéré[111].

L'approche entrées-sorties peut servir à mesurer l'empreinte écologique de territoires nationaux ou subnationaux sur une base cohérente si des données sur la superficie des terres et des eaux utilisée par secteurs sont disponibles. L'encadré 4 présente la disponibilité des données pour son application au Québec. Toutefois, notons que cette approche n'est pas très bien connue et que, parmi les trois approches méthodologiques permettant de mesurer l'empreinte écologique (section 2.1), l'approche agrégée des comptes nationaux du GFN est la plus utilisée.

Encadré 4 – Disponibilité des données du SCN et du SEEA pour le Québec

L'empreinte écologique du Québec pourrait éventuellement être mesurée à l'aide des tableaux d'entrées-sorties. Statistique Canada produit des tableaux d'entrées-sorties provinciaux chaque année depuis 1997. Ces comptes décrivent les opérations liées à la production et à la consommation intermédiaire et finale de biens et services dans l'économie. Ils sont établis pour quelque 300 branches d'activité et 170 catégories d'utilisateurs finaux[112]. Les tableaux d'entrées-sorties sont en valeurs monétaires courantes. De plus, Statistique Canada publie des tableaux des flux du commerce interprovincial qui présentent les exportations et les importations entre chaque province ou territoire et entre chaque province ou territoire et l'étranger[113].

[110] L'UE 15 regroupait les 15 pays membres de l'Union européenne avant que 10 pays candidats n'y accèdent, le 1er mai 2004. (*Glossary of Statistical Terms* de l'OCDE, http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=6805, consulté en juin 2009).

[111] En septembre 2004, en même temps que la revue *Ecological Economics* publiait l'article de Sangwon Suh, *Economic Systems Research* faisait paraître un article de Stefan Giljum et Klaus Hubacek dans lequel ces auteurs trouvaient que les résultats d'une analyse qui utilise les tableaux physiques d'entrées-sorties varient selon que les résidus sont traités comme une catégorie de la demande finale ou comme sous-produits (voir Wiedmann et autres, 2006).

[112] Voir Statistique Canada, 2008.

[113] CANSIM, tableau 386-0002.

Pour appliquer l'approche entrées-sorties, les tableaux d'entrées-sorties doivent inclure la superficie des terres utilisées par secteurs. Afin d'obtenir cette information, une avenue serait de développer des comptes des terres pour le Québec, analogues à ceux du Système des comptes de l'environnement et des ressources du Canada (SCERC)[114]. Les comptes des terres de Statistique Canada prennent la forme d'un système d'information géographique (SIG) et sont constitués, notamment, à partir des données du recensement. Cependant, ces comptes décrivent seulement les terres agricoles et bâties[115].

5.3. Lien entre l'empreinte écologique et l'approche par capitaux

Bien qu'elles traitent toutes deux du capital naturel, l'empreinte écologique et l'approche par capitaux sont deux outils distincts pour faire le suivi du développement durable. L'approche par capitaux, adoptée par le WGSSD, procure une mesure d'un développement durable suivant lequel « la richesse nationale par personne ne décroît pas, grâce au remplacement ou à la conservation des sources de cette richesse[116] ». Dans son rapport de juin 2008, le WGSSD propose une traduction en termes pratiques de l'approche par capitaux dans le « petit jeu d'indicateurs de développement durable[117] ».

Par opposition, l'empreinte écologique agit comme indicateur synthétique et global (section 1) : elle compare le flux de la production utile issue du capital naturel avec le flux des exigences de la consommation humaine vis-à-vis du capital naturel. Contrairement à l'approche par capitaux, l'empreinte écologique ne considère pas d'autres capitaux que le capital naturel. Par ailleurs, les comptes de l'empreinte écologique « incluent uniquement ces aspects de la consommation qui ont des effets de source[s] terrestre [et aquatique]. Elle n'est pas sensée être vue comme un indicateur qui embrasserait tout, mais plutôt comme un élément d'un ensemble d'indicateurs » (Crummey et Victor, 2008).

La zone de rapprochement entre l'empreinte écologique et l'approche par capitaux est mince, puisque leur lien respectif avec le SEEA est faible. Le SEEA peut servir de cadre pour mesurer le développement durable, bien qu'il n'ait pas été conçu principalement en vue de cette application (United Nations et autres, 2003)[118]. Une approche vis-à-vis du développement durable qui se concentre exclusivement sur le capital naturel, comme celle de l'empreinte écologique, ne permet pas d'exploiter pleinement le pouvoir du SEEA, qui réside dans l'intégration des données environnementales et économiques. C'est l'approche par capitaux qui utilise le mieux les avantages du SEEA (United Nations et autres, 2003). Bien que le SEEA ne soit pas nécessaire à l'application de l'approche par capitaux, « [le] Système de comptabilité nationale est le point de départ évident pour créer un cadre de mesure pour le petit jeu d'indicateurs de développement durable », notamment parce que le SEEA existe déjà (WGSSD, 2008).

---

114 Le SCERC est le pendant canadien du SEEA.

115 www.statcan.gc.ca/cgi-bin/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5114&lang=fr&db=imdb&adm=8&dis=2, consulté le 3 mars 2009.

116 United Nations et autres, 2003. (Trad. libre.)

117 « Small set of sustainable development indicators ». (Trad. libre.) Le petit jeu d'indicateurs de développement durable comprend 28 indicateurs de flux et de stock.

118 Voir aussi WGSSD (2008).

Conclusion

L'empreinte écologique traduit, en des termes évocateurs, les incidences environnementales des modes de consommation. Toutefois, l'interprétation des résultats de l'empreinte écologique doit tenir compte des limites conceptuelles et méthodologiques relevées dans ce rapport. L'utilisation de l'empreinte écologique comme indicateur de développement durable demeure controversée. D'ailleurs, les gouvernements qui l'ont adoptée comme indicateur sont peu nombreux. Le présent rapport est basé sur la méthodologie du GFN. Fondée sur des comptes protégés par une licence, cette méthodologie a été critiquée pour son manque de transparence (bien que la publication, en 2008, d'un guide méthodologique l'ait rendue plus claire). De plus, des études ont démontré que les résultats qui en sont issus sont sensibles vis-à-vis des variations des données et de la méthodologie.

La mesure de l'empreinte écologique par l'approche entrées-sorties, basée sur les tableaux du SCN, rend les calculs plus transparents et donne des résultats désagrégés par secteurs. Cette méthode pourrait donc être plus pertinente pour l'analyse de politique[119]. Il n'en demeure pas moins que l'objectif politique sous-jacent, soit la réduction de l'appropriation de la productivité biologique par les populations humaines, est peu utile à la prise de décision. De plus, la méthode de pondération de l'empreinte écologique est arbitraire par rapport à l'ordre de préférence social. D'ailleurs, la mesure de l'empreinte écologique d'une région peut être interprétée de manière à suggérer une orientation vers l'autarcie.

Ainsi, en dépit de son utilité pour révéler les effets environnementaux des modes de consommation, l'empreinte écologique ne devrait pas servir à orienter la politique. Pour être pertinente comme indicateur de développement durable, la mesure de l'empreinte écologique devrait donc être considérée au sein d'un jeu d'indicateurs susceptible de couvrir l'ensemble des aspects dont le bien-être des sociétés dépend. Par ailleurs, bien que l'approche entrées-sorties permette de lier la mesure de l'empreinte écologique à un cadre de mesure intégré au SCN, cette méthodologie n'a été appliquée, à notre connaissance, que dans la littérature scientifique. Une méthodologie standardisée basée sur l'approche entrées-sorties, qui autoriserait la comparabilité des résultats entre les territoires nationaux ou subnationaux, n'a pas encore été élaborée.

Enfin, même mesurée à l'aide de l'approche entrées-sorties, l'empreinte écologique n'est pas très liée à l'approche par capitaux, recommandée par le WGSSD pour le suivi du développement durable. Comme indicateur de développement durable, l'empreinte écologique demeure en marge, sur le plan méthodologique, de l'orientation que la communauté internationale privilégie pour le suivi du développement durable. En conclusion, étant donné ses limites conceptuelles et méthodologiques, l'absence d'une méthodologie standardisée basée sur l'approche entrées-sorties et la faiblesse du lien avec l'approche par capitaux, l'empreinte écologique n'est pas jugée pertinente, en ce moment, comme indicateur de développement durable.

[119] « [L]'approche entrées-sorties [...] permet d'attribuer les impacts par catégories de consommation, d'une façon plus complète et généralement mieux reproductible que [la méthode employée par le GFN], pour couvrir l'entièreté de la chaîne de fourniture en amont. [Elle] donne un aperçu plus détaillé des composantes de l'empreinte, ce qui permet d'informer les organisations à propos des seuils écoconditionnels. Enfin, [elle] adhère aux standards de la comptabilité nationale onusiens, ce qui permet d'aligner l'empreinte écologique sur les autres indicateurs clés, tels que le PIB, le taux de chômage, etc. » (Lenzen et autres, 2005).

Bibliographie

AYRES, R. U. (2000). « Commentary on the utility of the ecological footprint concept », *Ecological Economics*, vol. 32, p. 347-349.

BARRETT, J., R. BIRCH, N. CHERRETT et T. WIEDMANN (2005). « Exploring the application of the ecological footprint to sustainable consumption policy », *Journal of Environmental Policy & Planning*, vol. 7, n° 4, p. 303-316.

BEST, A., D. BLOBEL, S. CAVALIERI, S. GILJUM, M. HAMMER, S. LUTTER, C. SIMMONS et K. LEWIS (2008). *Potential of the ecological footprint for monitoring environmental impacts from natural resource use*, report to the European Commission, DG Environment, rapport final, mai.

BICKNELL, K. B., R. J. BALL, R. CULLEN et H. R. BIGSBY (1998). « New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy », *Ecological Economics*, vol. 27, p. 149-160.

BOVAR, O., M. DEMOTES-MAINARD, C. DORMOY, L. GASNIER, V. MARCUS, I. PANIER et B. TREGOUËT (2008). *Les indicateurs de développement durable*, coll. « L'économie française », édition 2008, dossier, 23 p.

COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES (2009). *Le PIB et au-delà. Mesurer le progrès dans un monde en mutation*, Communication de la Commission au Conseil et au Parlement européen, Bruxelles, 20 août, 11 p.

COSTANZA, R. (2000). « The dynamics of the ecological footprint concept », *Ecological Economics*, vol. 32, p. 341-345, *Commentary, forum : the ecological footprint*.

CRUMMEY, E., et P. VICTOR (2008). Statistics Canada's ecological footprint workshop, final report, 1er mars, 15 p. (DRAFT – for review and comment by workshop participants).

DAWKINS, E., A. PAUL, J. BARRETT, J. MINX et K. SCOTT (2008). *Wales' ecological footprint. Scenarios to 2020*, Stockholm Environment Institute, 81 p.

DIAS DE OLIVEIRA, M. E., B. E. VAUGHAN et E. J. RYKIEL Jr. (2005). « Ethanol as fuel : energy, carbon dioxide balances, and ecological footprint », *Bioscience*, vol. 55, n° 7, p. 593-602.

EBERT, U., et H. WELSCH (2004). « Meaningful environmental indices. A social choice approach », *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 47, p. 270-283.

EWING, B., A. REED, S. M. RIZK, A. GALLI, M. WACKERNAGEL et J. KITZES (2008a). *Calculation methodology for the 2008 national footprint accounts*, Oakland (CA), Global Footprint Network.

EWING B., S. GOLDFINGER, M. WACKERNAGEL, M. STECHBART, S. M. RIZK, A. REED et J. KITZES (2008b). *The ecological footprint atlas 2008*, Oakland (CA), Global Footprint Network, www.footprintnetwork.org/download.php?id=506.

FERNG, J.-J. (2002). « Toward a scenario analysis framework for energy footprints », *Ecological Economics*, vol. 40, p. 53-69.

FERNG, J.-J. (2001). « Using composition of land multiplier to estimate ecological footprints associated with production activity », *Ecological Economics*, vol. 37, p. 159-172.

FONDS MONDIAL POUR LA NATURE (WWF) (2008). *Rapport planète vivante 2008*, C. HAILS, S. HUMPHREY, J. LOH et S. GOLDFINGER (dir.), 48 p. http://assets.wwf.ca/downloads/lpr_2008_fr.pdf.

GILJUM, S., M. HAMMER, A. STOCKER, M. LACKNER, A. BEST, D. BLOBEL, W. INGWERSEN, S. NAUMANN, A. NEUBAUER, C. SIMMONS, K. LEWIS et S. SHMELEV (2007). *Scientific assessment and evaluation of the indicator « Ecological Footprint »*, rapport final, commandé par la German Federal Environmental Agency (UBA), Vienne, Sustainable Europe Research Institute (SERI), Ecologic, Best Foot Forward.

GILJUM, S., et K. HUBACEK (2004). « Alternative approaches of physical input-output analysis to estimate primary material inputs of production and consumption activities », *Economic Systems Research*, vol. 16, n° 3, p. 301-310.

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK (GFN) (2008). *National Footprint Accounts. Canada 2005* (fichier Microsoft Excel).

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK (GFN) (2006). *Ecological Footprint Standards 2006*, 33 p., www.footprintnetwork.org/gfn_sub.php?content=standards.

GRAZI, F., J. C. J. M. VAN DEN BERGH et P. RIETVELD (2007). « Spatial welfare economics versus ecological footprint : modeling agglomeration, externalities and trade », *Environmental and Resource Economics*, vol. 38, p. 135-153.

GROUPE INTERGOUVERNEMENTAL D'EXPERTS SUR LE CLIMAT (GIEC) (2007). *Climate Change 200. Mitigation, contribution of working group III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, B. METZ, O. R. DAVIDSON, P. R. BOSCH, R. DAVE et L. A. MEYER (dir.), Cambridge (R.-U.), Cambridge University Press, et New York (NY), www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm.

HANLEY, N., I. MOFFATT, R. FAICHNEY et M. WILSON (1999). « Measuring sustainability. A time series of alternative indicators for Scotland », *Ecological Economics*, vol. 28, p. 55-73.

HEAL, G., et B. KRISTRÖM (2003). « National income and the environment », *Handbook of Environmental Economics*, dans : K.-G. MÄLER et J. R. VINCENT (dir.), vol. 3, p. 1147-1217.

HUBACEK, K., et S. GILJUM (2003). « Applying physical input-output analysis to estimate land appropriation (ecological footprints) of international trade activities », *Ecological Economics*, vol. 44, p. 137-151.

INSTITUT FRANÇAIS DE L'ENVIRONNEMENT (IFEN) (2008). « Les indicateurs globaux d'environnement et de développement durable », synthèse des travaux réalisés pour le séminaire du conseil scientifique de l'IFEN du 25 juin 2007 et compte rendu, *Les dossiers, IFEN*, n° 11, janvier.

IMHOFF, M. L., L. BOUNOUA, T. RICKETTS, C. LOUCKS, R. HARRISS et W. T. LAWRENCE (2004). « Global patterns in human consumption of net primary production », *Nature*, vol. 249, n° 24, p. 870-873.

JORGENSON, A. K. (2003). « Consumption and environmental degradation. A cross-national analysis of the ecological footprint », *Social Problems*, vol. 50, n° 3, p. 374-394.

KITZES, J., A. GALLI, S. M. RIZK, A. REED et M. WACKERNAGEL (2008). *Guidebook to the national footprint accounts, 2008 Edition*, Oakland (CA), Global Footprint Network.

KITZES, J., A. PELLER, S. GOLDFINGER et M. WACKERNAGEL (2007a). « Current methods for calculating national ecological footprint accounts », *Science for Environment & Sustainable Society*, vol. 4, n° 1, Research Center for Sustainability and Environment Shiga University, p. 1-9, www.footprintnetwork.org/gfn_sub.php?content=datamethods.

KITZES, J., A. GALLI, M. BAGLIANI, J. BARRETT, G. DIGE, S. EDE, K. ERB, S. GILJUM, H. HABERL, C. HAILS, S. JUNGWIRTH, M. LENZEN, K. LEWIS, J. LOH, N. MARCHETTINI, H. MESSINGER, K. MILNE, R. MOLES, C. MONFREDA, D. MORAN, K. NAKANO, A. PYHÄLÄ, W. REES, C. SIMMONS, M. WACKERNAGEL, Y. WADA, C. WALSH et T. WIEDMANN (2007b). *A research agenda for improving national ecological footprint accounts*, National Footprint Research Agenda, M0001-65, www.footprintnetwork.org/gfn_sub.php?content=datamethods.

LAWN, P. A. (2003). « A theoretical foundation to support the index of sustainable economic welfare (ISEW), Genuine Progress Indicator (GPI), and other related indexes », *Ecological Economics*, vol. 44, p. 105-118.

LE CLÉZIO, P. (rapporteur) (2009). *Les indicateurs du développement durable et l'empreinte écologique*, projet d'avis, présenté au nom de la Commission ad hoc, Conseil économique, social et environnemental, mai, 105 p.

MAYER, A. L. (2006). « Strengths and weaknesses of common sustainability indices for multidimensional systems », *Environment International*, vol. 34, p. 277-291.

MCDONALD, G. W., et M. G. PATTERSON (2004). « Ecological footprints and interdependencies of New Zealand regions », *Ecological Economics*, vol. 50, p. 49-67.

MONFREDA, C., M. WACKERNAGEL et D. DEUMLING (2004). « Establishing national natural capital accounts based on detailed Ecological Footprint and biological capacity assessments », *Land Use Policy*, vol. 21, p. 231-246.

NIJKAMP, P., E. ROSSI et G. VINDIGNI (2004). « Ecological footprints in plural. A meta-analytic comparison of empirical results », *Regional Studies*, vol. 38, p. 747-765.

OPSCHOOR, H. (2000). « The ecological footprint : measuring rod or methaphor? », *Ecological Economics*, vol. 32, p. 363-365.

PANIER, I., et C. RATTE (2007). *Le développement durable en Midi-Pyrénées : 46 indicateurs*, Institut national de la statistique et des études économiques, Dossiers Études Midi-Pyrénées, septembre, n° 142, www.insee.fr/fr/insee_regions/midi-pyrenees/rfc/docs/d142sommair.htm, consulté le 14 octobre 2008.

PARRIS, T. M., et R. W. KATES (2003). « Characterizing and measuring sustainable development », *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 28, p. 559-586.

PEARCE, D. W. (2000). *Public policy and natural resources management. A framework for integrating concepts and methodologies for policy evaluation*, Londres, University College, Economics Department.

PEDERSEN, O. G., et M. DE HAAN (2006). « The system of environmental and economic accounts. 2003 and the economic relevance of physical flow accounting », *Journal of Industrial Ecology*, vol. 10, n°s 1-2, p. 19-42.

PILLARISETTI, J. M., et J. C. J. M. VAN DEN BERGH (2007). « Sustainable nations : what do aggregate indicators tell us? », *Tinbergen Institute Discussion Paper*.

RISK & POLICY ANALYSTS (RPA) (2007). *A review of recent developments in, and the practical use of, ecological footprinting methodologies. A report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs*, Londres, Defra.

SCHAEFER, F., U. LUKSCH, N. STEINBACH, J. CABEÇA et J. HANAUER (2006). *Ecological Footprint and Biocapacity. The world's ability to regenerate resources and absorb waste in a limited time period*, rapport à Eurostat, 11 p.

SERVICE DE L'OBSERVATION ET DES STATISTIQUES (SOeS) DU COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU DÉVELOPPEMENT DURABLE (2009). *Une expertise de l'empreinte écologique* (version provisoire). Études & documents, n° 4, mai.

SIMMONS, C., K. LEWIS, S. GILJUM et A. BEST (2007). *Assessing the quality of the national footprint accounts using Germany as a case study*, présenté à l'International Ecological Footprint Conference, 8-10 mai, Cardiff (R.-U.), 12 p.

SIMMONS, C., K. LEWIS et J. BARRETT (2000). « Two feet – two approaches. A component-based model of ecological footprinting », *Ecological Economics*, vol. 32, n° 3, p. 375-380.

STATISTIQUE CANADA (2008). *La structure entrées-sorties de l'économie canadienne, 2003-2004* (15-201-X).

STATISTIQUE CANADA (2006). *Concepts, sources et méthodes du Système des comptes de l'environnement et des ressources du Canada* (16-505-GIF).

SUH, S. (2004). « A note on the calculus for physical input-output analysis and its application to land appropriation of international trade activities », *Ecological Economics*, vol. 48, p. 9-17.

UNITED NATIONS, EUROPEAN COMMISSION, INTERNATIONAL MONETARY FUND, ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, WORLD BANK (2003). *Integrated environmental and economic accounting 2003*, Studies in Methods, Handbook of National Accounting, 572 p.

VAN DEN BERGH, J. C. J. M., et D. B. VAN VEEN-GROOT (2001). « Constructing aggregate environmental-economic indicators. A comparison of 12 OECD countries », *Environmental Economics and Policy Studies*, vol. 4, p. 1-6.

VAN DEN BERGH, J. C. J. M., et H. VERBRUGGEN (1999). « Spatial sustainability, trade and indicators. An evaluation of the "ecological footprint" », *Ecological Economics*, vol. 29, p. 61-72.

VENETOULIS, J., et J. TALBERTH (2008). « Refining the ecological footprint », *Environment, Development and Sustainability*, vol. 10, n° 4, p. 441-469.

VÉRIFICATEUR GÉNÉRAL DU QUÉBEC (2007). *Rapport du Vérificateur général du Québec à l'Assemblée nationale pour l'année 2007-2008*, tome II : Rapport du commissaire au développement durable.

VITOUSEK, P. M., P. R., EHRLICH, A. H. EHRLICH et P. A. MATSON (1986). « Human appropriation of the products of photosynthesis », *Bioscience*, vol. 36, n° 6, p. 368-373.

VON STOKAR, T., M. STEINEMANN, B. RÜEGGE et J. SCHMILL (2006a). « L'empreinte écologique de la Suisse. Une contribution au débat sur la durabilité », *Statistique de la Suisse*, Neuchâtel, Office fédéral de la statistique (OFS), 51 p. www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/21/22/publ.html?publicationID=2482, consulté le 20 novembre 2008.

VON STOKAR, T., M. STEINEMANN et B. RÜEGGE (2006b). *Ecological footprint of Switzerland*, rapport technique, INFRAS, 23 août, 26 p. www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/21/03/blank/blank/01.html, consulté le 14 octobre 2008.

WACKERNAGEL, M., C. MONFREDA, D. MORAN, P. WERMER, S. GOLDFINGER, D. DEUMLING et M. MURRAY (2005). *National Footprint and Biocapacity Accounts 2005. The underlying calculation method*, Oakland (CA), Global Footprint Network, www.footprintnetwork.org/gfn_sub.php?content=datamethods.

WACKERNAGEL, M., N. B. SCHULZ, D. DEUMLING, A. CALLEJAS LINARES, M. JENKINS, V. KAPOS, C. MONFREDA, J. LOH, N. MYERS, R. NORGAARD et J. RANDERS (2002). « Tracking the ecological overshoot of the human economy », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 99, n° 14, p. 9266-9271.

WACKERNAGEL, M., et J. D. YOUNT (2000). « Footprints for sustainability : the next steps », *Environment, Development and Sustainability*, vol. 2, n° 1, p. 21-42.

WACKERNAGEL, M., L. ONISTO, P. BELLO, A. CALLEJAS LINARES, I. S. LÓPEZ FALFÁN, J. MÉNDEZ GARCÍA, A. S. SUÁREZ GUERRERO et M. G. SUÁREZ GUERRERO (1999). « National natural capital accounting with the ecological footprint concept », *Ecological Economics*, vol. 29, p. 375-390.

WACKERNAGEL, M., et W. E. REES (1997). « Perceptual and structural barriers to investing in natural capital. Economics from an ecological footprint perspective », *Ecological Economics*, vol. 20, n° 1, p. 3-24.

WACKERNAGEL, M., et W.E. REES (1996). *Our ecological footprint, reducing human impacts on the earth*, New Society Publishers, 176 p.

WIEDMANN, T., J. MINX, J. BARRETT et M. WACKERNAGEL (2006). « Allocating ecological footprints to final consumption categories with input-output analysis », *Ecological Economics*, vol. 56, p. 28-48.

WORKING GROUP ON STATISTICS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, JOINT UNECE/OECD/EUROSTAT (WGSSD) (2008). *Report on measuring sustainable development, Statistics for sustainable development, Commonalities between current practice and theory*, United Nations, Economic and Social Council, 115 p.

YORK, R., E. A. ROSA et T. DIETZ (2003). « Footprints on the earth: the environmental consequences of modernity », *American Sociological Review*, vol. 68, n° 2, p. 279-300.

ANNEXE : Calculs de l'empreinte écologique et de la capacité biologique du Canada, selon les comptes nationaux du Global Footprint Network, édition 2008 (données de 2005). Exemple des terres agricoles

1. EMPREINTE ÉCOLOGIQUE

Empreinte écologique sur les terres agricoles[120]	= Empreinte de la production agricole	+ Empreinte de l'importation des produits issus de terres agricoles	– Empreinte de l'exportation des produits issus de terres agricoles		
59 113 975 hag[121]	= *93 694 860 hag*	+ *10 498 979 hag*	– *45 079 864 hag*		
Où :	**1.1. Empreinte de la production agricole**	= Empreinte de la production des produits agricoles	+ Empreinte liée aux terres non récoltées		
	93 694 860 hag	= *82 114 054 hag*	+ *11 580 806 hag*		
	Où :	**1.1.1. Empreinte de la production des produits agricoles**	: Somme des empreintes de la production de chaque produit agricole primaire[122]		
		Par exemple : **Empreinte de la production du blé**	= Production nationale de blé	* Facteur d'équivalence pour les terres agricoles[123]	/ Rendement mondial pour le blé
		24 935 548 gha	= *26 775 000 t/an*	* *2,644 hag/ham*[124]	/ *2,839 t/(ham*an)*
		Où : **Rendement mondial pour le blé**[125]	= Production mondiale de blé	/ Superficie mondiale cultivée pour le blé	
		2,839 t/(ham*an)	= *628 697 531 t/an*	/ *221 438 219 ham*	

---

120 L'empreinte écologique sur les terres agricoles inclut les superficies nécessaires à la production des produits agricoles consommés directement, du fourrage et des produits agricoles dédiés à la production industrielle (par ex., le coton et le caoutchouc) (Kitzes et autres, 2008).

121 ha*g* : hectares globaux.

122 Afin d'éviter le double comptage, l'empreinte écologique de la production des produits agricoles inclut seulement l'empreinte liée à la production des produits agricoles **primaires** (Kitzes et autres, 2008).

123 Un manuel d'instructions qui présente le calcul des facteurs d'équivalence peut être commandé auprès du GFN.

124 ha*g*/ha*m* : hectares globaux par « hectare mondial ».

125 La mesure du rendement des terres agricoles diffère de la mesure du rendement des autres aires productives. En effet, le rendement des terres agricoles en représente le rendement effectif, alors que le rendement des autres aires productives est calculé sur la base de taux de régénération (Kitzes et autres, 2008).

	1.1.2. Empreinte liée aux terres non récoltées	= Empreinte de la consommation des produits agricoles	* Taxe de non récolte[126]	
	11 580 806 hag	= 52 142 836 hag	* 22,210 %	
	Où : **Empreinte de la consommation des produits agricoles**	= Empreinte de la production des produits agricoles	+ Empreintes de l'importation des produits agricoles	- Empreinte de l'exportation des produits agricoles
	52 142 836 hag	= 82 114 054 hag	+ 8 968 530 hag	- 38 939 749 hag
1.2. Empreinte de l'importation des produits issus de terres agricoles[127]	= Empreinte de l'importation des produits agricoles	+ Empreinte de l'importation des fourrages		
10 498 979 hag	= 8 968 530 hag	+ 1 530 449 hag		
Où :	**1.2.1. Empreinte de l'importation des produits agricoles**	: Somme des empreintes de l'importation de chaque produit agricole[128]		
	Par exemple : **Empreinte de l'importation de blé**	= Importation de blé	* Facteur d'équivalence pour les terres agricoles	/ Rendement mondial pour le blé
	16 763 hag	= 18 000 t/an	* 2,644 hag/ham	/ 2,839 t/(ham*an)
	1.2.2. Empreinte de l'importation des fourrages	: Somme des empreintes de chaque type de fourrage pour chaque type de bétail importé		
	Par exemple : **Empreinte du maïs pour le poulet**	= Importation de poulet	* Intensité de l'empreinte du maïs pour le poulet	
	121,829 hag	= 210 t_{POULET}/an	* 0,580 hag*an/t_{POULET}	
	Où : **Intensité de l'empreinte du maïs pour le poulet**	= Volume de maïs nécessaire pour l'élevage du poulet	* Intensité de l'empreinte du maïs	
	0,580 hag*an/t_{POULET}	= 1,075 $t_{MAÏS}$/t_{POULET}	* 0,540 hag*an/$t_{MAÏS}$	
		Où : **Intensité de l'empreinte du maïs**	= Facteur d'équivalence pour les terres agricoles	/ Rendement mondial pour le maïs
		0,540 hag*an/$t_{MAÏS}$	= 2,644 hag/ham	/ 4,900 $t_{MAÏS}$/ham*an

[126] La taxe de non-récolte est un paramètre national qui sert à tenir compte de la superficie de terres agricoles qui n'est pas récoltée. Cette valeur permet d'inclure toutes les terres utilisées comme terres agricoles dans la mesure de l'empreinte, y compris celles qui sont laissées en jachère durant une année donnée (Kitzes et autres, 2008).

[127] Calculs analogues pour l'empreinte de l'exportation des produits issus de terres agricoles.

[128] La liste des produits agricoles importés contient un grand nombre de produits agricoles **secondaires**; elle ne correspond pas à la liste des produits agricoles nationaux (Kitzes et autres, 2008).

2. CAPACITÉ BIOLOGIQUE

Capacité biologique des terres agricoles	= Superficie nationale de production agricole	* Facteur de rendement pour les terres agricoles	* Facteur d'équivalence pour les terres agricoles		
157 732 355 hag	= *52 110 000 han*[129]	* *1,145 ham/han*	* *2,644 hag/ham*		
Où :	**Facteur de rendement pour les terres agricoles**	= Superficie équivalente pour la production agricole nationale avec rendement mondial	/ Superficie nationale de terres agricoles récoltées		
	1,145 ham/han	= *31 055 206 ham*	/ *27 145 161 han*		
	Où :	**i. Superficie équivalente pour la production agricole nationale avec rendement mondial**	: Somme des superficies équivalentes pour la production nationale de chaque type de culture avec rendement mondial		
		Par exemple :	**Superficie équivalente pour la production nationale de blé avec rendement mondial**	= Production nationale de blé	/ Rendement mondial pour le blé
			9 430 621 ham	= *26 775 000 t/an*	/ *2,839 t/(ham*an)*
		ii. Superficie nationale de terres agricoles récoltées	: Somme des superficies nationales de terres récoltées pour chaque type de culture		

[129] ha*n* : « hectares nationaux ».

Des statistiques sur le Québec d'hier et d'aujourd'hui
pour le Québec de demain

Institut
de la statistique
Québec